

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

POTENCIALIDADES DO USO DAS TIC NA PROMOÇÃO DA ACESSIBILIDADE DE ESTUDANTES DISLÉXICOS NO ENSINO SUPERIOR	
POTENTIALITIES OF THE USE OF ICT IN PROMOTING THE ACCESSIBILITY OF DYSLEXIC STUDENTS IN HIGHER EDUCATION – Liziane Forner Bastos; Ana Cláudia Oliveira Pavão	05
UMA COMUNIDADE DE PRÁTICA VIRTUAL POR MEIO DO APLICATIVO WHATSAPP E A CONVERSÃO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO ESCOLAR	
A VIRTUAL PRACTICE COMMUNITY THROUGH THE WHATSAPP APP AND THE CONVERSION OF KNOWLEDGE IN THE SCHOOL CONTEXT – Sandra Aparecida Ortiz Larrosa; Tania Regina Corredato Periotto; Nelson Tenório; Ana Paula Francisca Dos Santos	12
ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UMA COLUNA DE HASTE DE BOMBEIO MECÂNICO DE POÇOS DE PETRÓLEO USANDO ANALOGIA DE MOVIMENTO DE PÊNDULOS MÚLTIPLOS	
EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE DYNAMICAL BEHAVIOR OF A SUCKER ROD PUMPED VERTICAL PETROLEUM WELLS USING MULTIPLE PENDULUS ANALOGY – Adelaide Costa De Melo; Marcelo Cavalcanti Rodrigues	18
ESTUDO RETROSPECTIVO DAS PRINCIPAIS ENFERMIDADES NA BOVINOCULTURA LEITEIRA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 2014-2018	
RETROSPECTIVE STUDY OF THE MAIN DAIRY CATTLE DISEASES IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL IN THE PERIOD 2014-2018 – Bruna Muradás Esperon; Andressa Stein Maffi; Antônio Amaral Barbosa; Eduardo Schmitt	24
MODELAGEM DE SEQUÊNCIAS DE DNA POR MEIO DE CADEIAS DE ORDEM VARIÁVEL	
DNA SEQUENCES MODELING THROUGH VARIABLE ORDER CHAINS – Lucas Moreira; Guilherme Henrique Coelho Mendes; Luciene Viana Guedes Moreira	30
DISPOSIÇÃO DE TELHAS DE AMIANTO EM AMBIENTE URBANO: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO ÓRFÃS, PONTA GROSSA, PR	
DISPOSITION OF ASBESTOS TILES IN URBAN ENVIRONMENT: CASE STUDY IN ÓRFÃS NEIGHBORHOOD, PONTA GROSSA, PR – Isonel Sandino Meneguzzo; Andrea Tedesco; Helen Blum	35
MEDIDOR DE HARMÔNICAS EM INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS USANDO HARDWARE EMBARCADO E IOT	
HARMONIC METER IN INDUSTRIAL FACILITIES USING BOARDED HARDWARE AND IOT – Moisés Hamssés Sales De Sousa; Cleumar Da Silva Moreira; Edgard Luiz Lopes Fabricio	39
DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLE DISCRETO PID DE TEMPERATURA PARA UMA CARGA RESISTIVA UTILIZANDO MÓDULO DIMMER E MICROCONTROLADOR ARDUINO	
DEVELOPMENT OF A DISCRETE PID TEMPERATURE CONTROL TO A RESISTIVE LOAD USING DIMMER MODULE AND ARDUINO MICROCONTROLLER – Thiago Averaldo Bimestre; Esp. Carlos Dolberth Jaeger; Ramon Oliveira Borges Dos Santos; Larissa Silva D'avila	46

EMPREGO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE, PARA REDUZIR O INDICE DE AVARIAS E OS CUSTOS COM SEGURO NO PROCESSO LOGÍSTICO DE UMA AUTOMOBILÍSTICA

EMPLOYMENT OF QUALITY TOOLS TO REDUCE THE FAILURE INDEX AND SAFE COSTS IN THE LOGISTIC PROCESS OF AN AUTOMOBILE – Marcela Delespostis Barroso Silva; Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Antonio Henriques De Araujo Junior 52

Área: Interdisciplinar

9-1	<p>POTENCIALIDADES DO USO DAS TIC NA PROMOÇÃO DA ACESSIBILIDADE DE ESTUDANTES DISLÉXICOS NO ENSINO SUPERIOR</p> <p>POTENTIALITIES OF THE USE OF ICT IN PROMOTING THE ACCESSIBILITY OF DYSLEXIC STUDENTS IN HIGHER EDUCATION</p> <p>Liziane Forner Bastos; Ana Cláudia Oliveira Pavão</p>
-----	--



POTENCIALIDADES DO USO DAS TIC NA PROMOÇÃO DA ACESSIBILIDADE DE ESTUDANTES DISLÉXICOS NO ENSINO SUPERIOR

POTENTIALITIES OF THE USE OF ICT IN PROMOTING THE ACCESSIBILITY OF DYSLEXIC STUDENTS IN HIGHER EDUCATION

LIZIANE FORNER BASTOS¹; ANA CLÁUDIA OLIVEIRA PAVÃO²

1; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

liza_fb@hotmail.com, anaclaudiaoliveira.pavao@gmail.com

Resumo - Este estudo busca, a partir de casos de uma determinada universidade pública do sul do Brasil, investigar a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação, com estudantes do ensino superior que possuem dislexia. A pesquisa tem abordagem qualitativa e o delineamento adotado foi o estudo de caso. Os sujeitos são estudantes disléxicos matriculados na instituição e seus docentes nos cursos de graduação. O instrumento de produção de dados foi a entrevista semiestruturada e a análise dos dados foi interpretativa. A partir da análise dos resultados, conclui-se que embora os professores utilizem alguns recursos digitais em suas práticas, não as utilizam com objetivos pedagógicos, mas instrumentais; que ainda se faz imperativo a implementação de medidas para a inclusão no ensino superior; e que existe a necessidade de investimento nas TIC, para facilitar a aprendizagem, a participação e a autonomia dos estudantes.

Palavras-chave: Tecnologia da Informação e Comunicação-TIC. Acessibilidade. Dislexia.

Abstract - This study aims to investigate the use of digital resources through the Information and Communication Technologies with higher education students affected by dyslexia based on cases of certain south Brazil public university. It is proposed a qualitative research and the delimitation chosen was the case study. The research's target audience was defined as dyslexic students enrolled in the institution and their undergraduate course professor's. The means of data production was composed by semi-structured interviews and the data analysis was interpretive. The results point that even though the teachers use some digital resources on their practices, their use is not done in pedagogical purposes; it is still imperative to implement new measures in view of the fragility of the process of inclusion in higher education; and that there is a need for greater investment in ICT as a possibility to promote student accessibility, learning, participation and autonomy.

Keywords: Information and Communication Technology. Accessibility. Dyslexia.

I. INTRODUÇÃO

Os recursos digitais nos contextos educacionais têm se revelado grande aliado, não somente para o professor, enquanto ferramenta de colaboração na construção do conhecimento, como para o aluno, o qual pode utilizá-los como facilitadores no processo de aprendizagem. Em se tratando de estudantes com Necessidades Educacionais Especiais- NEE, os recursos digitais podem favorecer ainda

mais o processo de construção de conhecimento, além de propiciar aos estudantes e professores novas possibilidades e condições adequadas aos seus processos de ensino-aprendizagem, permitindo a acessibilidade e, em consequência a inclusão.

Gomes e Tavares (2017, p. 27) apontam que os novos contextos educacionais são atualmente marcados por “novas linguagens decorrentes das profundas transformações científicas, tecnológicas, culturais, sociais e educacionais, que invadiram o sistema educativo”. Tais transformações estão relacionadas ao uso de tecnologias como ferramenta social, educacional e cultural, advindas das sociedades contemporâneas globalizadas.

Nesse viés, é importante refletir sobre o papel docente e discente frente aos novos cenários educacionais, especialmente no ensino superior, no qual para além do conhecimento teórico, é necessário desenvolver a formação profissional. Um dos pressupostos importantes a serem destacados nesse contexto é a utilização das tecnologias de informação e comunicação-TIC. Considerando que o processo de inclusão deve ser cada vez mais direcionado ao aluno, suas especificidades, dificuldades e potencialidades, o uso das tecnologias, como meio de comunicação, aprendizagem e de acesso ao saber, possibilita acessibilidade necessária para desenvolver as atividades acadêmicas do estudante (BEHAR *et al.*, 2008; BAGATINI *et al.*, 2012; CORRÊA, GOMES & RIBEIRO, 2017).

Dessa forma, os novos ambientes de interação, possibilitados pelas tecnologias, surgem como fatores que estruturam diferentes alternativas e concepções pedagógicas. Em uma sociedade em constante e acelerada transformação, onde impera o desenvolvimento tecnológico, o ensino superior terá que corresponder às necessidades decorrentes e enfrentar os desafios, baseado em uma nova multiplicidade de sujeitos, recursos e processos. No ensino superior é imprescindível o acompanhamento das evoluções provocadas pela utilização de tecnologias no processo de inclusão educacional, para que se possa reconstruir o papel social a ele atribuído, de formar profissionais competentes e autônomos para lidar com as mais diversas realidades. As práticas pedagógicas tradicionais, que visavam à reprodução do conhecimento, com o professor transmitindo conteúdo e o estudante repetindo passivamente, não têm mais espaço em um contexto inclusivo.

Conforme Giroto, Poker e Omote (2012, p.40), em tempo de educação inclusiva, as tecnologias “são uma oportunidade para respeitar identidades e para criar ambientes de aprendizagem em que cada aluno tenha a possibilidade de se sentir útil e participativo”. Inegavelmente, as tecnologias proporcionam a implementação de soluções variadas para os mais diversos tipos de situações, tais como comunicação em diferentes tempos e espaços, a educação a distância, a utilização de recursos digitais, ferramentas de apoio à aprendizagem, como softwares, aplicativos, livros digitais e inúmeros recursos de tecnologia assistiva-TA.

A política de educação inclusiva iniciada no Brasil em 2008, oportunizou que, atualmente, alunos com NEE ingressem nas universidades. Monfredini (2018, p.134), ratifica essa questão, “Este não é um tema novo, mas que retorna diante da condição real de inserção dessas populações na universidade e de incentivo à produção de ciência e tecnologia da perspectiva dos historicamente excluídos.”

Desse modo, cabe à pesquisa o papel de trazer à baila a reflexão sobre o tema, de forma mais séria. Sobre tais aspectos, é indispensável maior reflexão e disseminação no que diz respeito às inovações técnicas e metodológicas, que possam dar suporte para que a inclusão de estudantes com NEE, no ensino superior, realmente aconteça (MONFREDINI, 2018).

Sendo assim, essa investigação está alicerçada em três eixos teóricos: uso de recursos digitais na sala de aula, aqui denominados por Tecnologias da Informação e Comunicação-TIC; Estudantes com Necessidades Educacionais Especiais; e Ensino Superior. Esses três eixos não são entendidos em separados, se entrecruzam e são discutidos por meio da utilização das TIC. Neste estudo, o uso das TIC tem o entendimento de propulsora da aprendizagem individual, para atender às necessidades dos estudantes e proporcionar-lhes autonomia.

Para uma melhor compreensão do eixo NEE, dentro de seu campo de estudo, será tratado exclusivamente a temática de um transtorno específico de aprendizagem, a dislexia, que é identificada por alterações no campo da leitura. De acordo com Cunha (2013, p.110), a dislexia “Caracteriza-se pela dificuldade do indivíduo em decodificar símbolos, ler, escrever, soletrar, compreender um texto, reconhecer fonemas, exercer tarefas relacionadas à coordenação motora; e pelo hábito de trocar, inverter, omitir ou acrescentar letras e palavras ao escrever.”

O ensino superior é o lócus da investigação, onde se verificam as metodologias adotadas na prática docente e o contexto de aprendizagem dos estudantes com seus pares e professores. A prática reflexiva, os saberes e ensino das competências necessárias para a formação profissional são indispensáveis nesse contexto (GÓMEZ, 2015; HIGA, 2018; MONFREDINI, 2018; GOMES E TAVARES, 2017).

Em busca de estudos correlatos que pudessem dar suporte a esta pesquisa, citam-se alguns que demonstram os benefícios do uso das TIC entre estudantes com dislexia. Benmarrakchi *et al.* (2017, n.p), argumentam que os estudantes “podem se beneficiar da natureza visual e auditiva das TIC.”, além de ser “[...] uma ferramenta de apoio pessoal para capacitar os alunos a obter maior independência e permitir maior participação em um ambiente comum”. Sumardi e Naim (2019), apresentam os resultados de estudo em que a utilização de TIC auxiliou os

estudantes a desenvolverem hábito de leitura, colaborando para a inclusão. Cidrim e Madeiro (2017), ao realizarem uma pesquisa integrativa sobre o uso das TIC para avaliação e intervenção com alunos disléxicos, apontam o quanto as TIC podem minimizar as dificuldades do disléxico no âmbito da aprendizagem da leitura e da escrita. Green (2017), concluiu em seu estudo que os estudantes com dislexia apresentaram confiança e habilidade ortográfica melhoradas, quando utilizaram recursos tecnológicos, como verificação ortográfica e um software de ferramenta de fala para ouvir a palavra.

Portanto, esse estudo tem como objetivo verificar a utilização das TIC, com alunos que possuem dislexia e frequentam o ensino superior em uma universidade pública do sul do Brasil.

II. METODOLOGIA

Atendendo a natureza desta pesquisa, partiu-se de uma abordagem qualitativa, a qual, “considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. [...] A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa” (PRODANOV & FREITAS, 2013, p. 70).

Já o delineamento adotado foi o estudo de caso que, segundo Yin (2005, p. 17), “[...] é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo em profundidade em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem ser claramente não evidentes”.

Os sujeitos da pesquisa são estudantes que possuem diagnóstico de dislexia e, seus docentes dos cursos de graduação que estão matriculados, em uma universidade pública do sul do Brasil.

Os estudantes são três jovens universitários, regularmente matriculados na universidade, que por possuírem diagnóstico de dislexia, ingressaram na instituição, por meio da Ação Afirmativa- reserva de vagas. A escolha dos estudantes foi devido a estudos anteriores, segundo dados da própria universidade, apontarem que sujeitos disléxicos manifestam grande utilização de recursos tecnológicos para minimizar suas limitações, especialmente na leitura e na escrita. Os sujeitos são identificados, para fins éticos, como E1, E2 e E3.

Os cinco docentes participantes são identificados como D1, D2 e assim sucessivamente, que possuem nível de formação em doutorado.

O instrumento de produção de dados foi entrevista semiestruturada, no sentido de verificar o impacto da utilização das TIC. Os dados foram tratados, por meio da análise interpretativa, que visa apresentar as relações entre as ideias do autor, em razão do contexto científico e filosófico de diferentes épocas, por meio de uma análise crítica, discussão e julgamento do conteúdo do texto, tendo como suporte os referenciais teóricos utilizados (ANDRADE, 2010).

Quanto aos aspectos éticos, o trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, sob o número de parecer 3.805.495 e CAAE: 28156619.3.0000.5346.

III. RESULTADOS

O contexto da pesquisa é uma universidade pública federal que aderiu desde o ano de 2007, ao sistema de reserva de vagas, ou seja, disponibiliza uma porcentagem de

vagas nos cursos ofertados, para o ingresso de pessoas com deficiência ou NEE, para atender a inclusão desses sujeitos no ensino superior.

Os sujeitos da pesquisa possuem dois perfis, estudantes e docentes, que participaram voluntariamente do estudo. O convite aos docentes para participar da pesquisa está relacionado a sua importância no processo de avaliação e de ensino-aprendizagem dos estudantes. Em vista disso, há de se compreender “a importância do papel do professor na organização da aprendizagem ativa para caminhar de uma estrutura centrada no conteúdo e no professor para o papel de mediador, estimulador e inovador da aprendizagem” (HIGA *et al.*, 2018, p.180). O autor ainda ressalta que cabe ao docente abrir a possibilidade de ofertar acesso ao conhecimento, de maneira mais criteriosa, que no uso ordinário da sala de aula, uma vez que o trabalho realizado com alunos disléxicos, precisa ser mais específico, em virtude das demandas diferenciadas que apresentam.

Nesse sentido, a questão inicial da entrevista versava sobre qual o entendimento do uso das TIC, no ensino superior. Tem-se dos estudantes disléxicos, as respostas de que o uso das TIC lhes proporciona uma maior autonomia, desde tarefas simples, como a leitura de um livro ou uma mensagem. “Tem várias coisas que eu só consigo fazer usando um aplicativo para escrita e leitura” disse E1.

Uma outra questão importante, foi o aumento da autonomia, no quesito agilidade, rapidez no acesso a informações. Os estudantes associam este acesso à segurança e praticidade. “Eu utilizo programas e aplicativos no celular e computador para praticamente todas as minhas tarefas da faculdade, me sinto mais seguro assim, reviso os conteúdos em casa, no meu celular”, afirmou E2.

Enquanto E1 aponta o uso de aplicativos de celular, como facilitador de tarefas diárias e, E2 assegura que esses aplicativos dão mais segurança, por disponibilizar informações com mais agilidade e, E3 pontua “facilidade” para resolução de questões corriqueiras do cotidiano: “Uso de computador, redes sociais. Considero que são recursos bem eficientes e facilitam a vida das pessoas em todos os sentidos”.

Coll e Monereo (2010), corroboram esses resultados, ao dizerem que a utilização das TIC não modifica os processos educacionais, no entanto provoca mudanças no contexto no qual ocorrem e nas relações entre os sujeitos, as atividades e os conteúdos, permitindo com isso, uma possível transformação, que poderá provocar ou não, melhorias no processo de ensino.

As respostas reforçam a concepção da facilitação proporcionada pelo uso das TIC no atendimento às especificidades, na autonomia da comunicação, acesso ao conhecimento, personalização ao ritmo de aprendizado, entre outras questões que podem ser exploradas. Nota-se ainda que, para E2 e E3, as TIC apresentam-se como um auxílio importante, mas para o estudante E1 representa a única possibilidade de executar determinadas ações. Nesse sentido, verifica-se que os estudantes fazem uso das TIC, pois lhes possibilitam que sejam agentes responsáveis pela sua aprendizagem, com capacidade de auto gerenciar seu processo de formação.

Para os docentes, o entendimento sobre o uso das TIC no ensino superior, foi manifestado apenas citando elementos importantes e facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, dentre esses os “Recursos multimídias” (D1); Popularização do acesso tecnológico (D2) as redes sociais e, por fim, as ferramentas tecnológicas. Para o docente D3, a

questão já é trazer as tecnologias, as redes sociais ou outros recursos da internet, como ferramentas que podem auxiliar no ensino. O D4, afirmou que estes recursos facilitam o cotidiano em sala de aula “no contexto acadêmico são fundamentais para a demonstração de conteúdos”. E D5 confirma, quando fala das tecnologias capazes de realizar tarefas antes inimagináveis no ensino. O que para ele, D5, só é possível pelos elementos que caracterizam as TIC: “inovações tecnológicas, recursos, programas, redes computacionais artificiais, etc”.

As respostas denotam que os professores têm conhecimento das TIC, embora não as utilizem com intuito de possibilitar a acessibilidade, em que o professor escolhe o recurso com a finalidade de dar autonomia e colocar o estudante no centro da aprendizagem. Conforme Santos (2011, p.1), é necessário “(re)aprender como organizar e ampliar as atividades do dia a dia por meio da praticidade da internet. [...] a partir da curiosidade e colaboração de quem sabe um pouco mais [...]”.

Questionados sobre como são utilizadas as TIC, os professores relataram que utilizam recursos multimídias (imagens, gráficos, animação, áudio e textos) projetados em *Datashow* e além disso, cada um, conforme a área de conhecimento, realiza aulas práticas, resolução de exercícios, seminários, etc. Porém, salienta-se que essas já eram metodologias adotadas anteriormente à chegada dos estudantes disléxicos em suas turmas, não se trata de uma adaptação ou flexibilização metodológica direcionada às necessidades dos sujeitos. Desse modo, não se observou, por parte dos professores entrevistados, a utilização das TIC, em metodologias que permitam que o aluno disléxico realize atividades que o prepare para a resolução de problemas, em contextos diversificados, de forma colaborativa.

As respostas dos estudantes confirmam as metodologias empregadas, porém, ao que se percebe, além de não terem ocorrido flexibilizações com vistas à adequação metodológica, conforme as necessidades individuais dos acadêmicos, identifica-se que a utilização de TIC fica vinculada ao uso de ferramentas e não a novas práticas de ensino.

Nota-se que a percepção dos docentes sobre o uso das TIC é ampla, mas o uso no campo acadêmico é limitado a aulas expositivas. Em contraparte, salienta-se que “tirar o foco do ensino e colocá-lo na aprendizagem modifica o papel docente, que passa de transmissor de conhecimentos a facilitador do processo de aprendizagem” (ENEMARK & KJAERSDAM, 2009, p.34)

Acredita-se que a utilização das TIC na educação deve transcender a perspectiva limitada a um objetivo instrumental, passando a ser condição de educação para a democratização do ensino, visando novas oportunidades educacionais e de acesso ao conhecimento com redução de desigualdades, principalmente no uso por estudantes que possuem alguma limitação.

Desse modo, na utilização de recursos digitais em sala de aula é imprescindível explorar a mediação comunicativa e, em especial, a aprendizagem colaborativa, permitindo o uso diversificado de recursos digitais, que servem como alternativa de interação e comunicação. Torna-se necessário compreender a utilização desses recursos para além da ferramenta tecnológica, mas com intencionalidade metodológica que pode possibilitar o desenvolvimento da autonomia do sujeito. Denota-se assim, conforme apresentado por Rué (2009, p. 34) “a necessidade de

desenvolver o potencial de agente de cada estudante, sua capacidade de administrar seu desenvolvimento educativo.”

No questionamento sobre o uso das TIC ser um diferencial positivo no processo de ensino-aprendizagem, todos os docentes participantes concordaram e destacaram que “são um suporte fundamental para facilitar o entendimento do conteúdo” (D1). Apesar disso, justificam que a utilização não é maior pelo alto custo de equipamentos, pelo despreparo dos professores e pela não participação em cursos de formação continuada. Para o professor D5, a maioria dos centros de ensino públicos “carecem de uma estrutura de informática eficiente para a realização plena de atividades que contemplem tecnologia”. O professor D2 diz que na universidade “faltam equipamentos”, relatando ainda que tem o desejo de trabalhar com realidade virtual para melhor explicar sobre os conteúdos, sobretudo aos estudantes com NEE, mas muitas vezes precisa adquirir equipamentos com recursos próprios ou acaba desistindo desta ferramenta.

Em relação ao uso efetivo de TIC pelos estudantes, obteve-se as consultas em fontes de informação online, acesso aos materiais das aulas, utilização de editores de texto e de apresentação de slides para elaboração de trabalhos acadêmicos e também a utilização de programas e aplicativos de apoio à aprendizagem, tanto na questão do auxílio à leitura, como em relação aos conteúdos específicos das disciplinas. Nota-se que, embora os docentes não relatem a realização de atividades de encorajamento, colaboração e autonomia, com as TIC, os estudantes utilizam-nas, por necessitarem dos recursos, devido às limitações apresentadas, especialmente no apoio em pesquisas acadêmicas. O fato de serem textos digitalizados, permite o uso de leitores de tela no computador ou dispositivo móvel, ou ainda, possibilita haver figuras e vídeos com audiodescrição, que auxiliam na aprendizagem do estudante com dislexia.

A pergunta seguinte versava sobre a frequência que docentes e estudantes utilizam determinados recursos tecnológicos em suas rotinas acadêmicas, para motivá-los na aprendizagem. O primeiro recurso selecionado foi o ambiente virtual de aprendizagem, o *Moodle*. Foi possível perceber que o recurso é parcialmente utilizado por docentes e estudantes. Mesmo os que costumam utilizar com maior frequência, não exploram todas as opções disponíveis no ambiente. Inclusive, dois docentes que responderam utilizar raramente ou nunca, admitiram que não dominam as ferramentas e que não buscaram formação para utilizá-lo.

Nesse sentido, Sabbatini (2017) dá uma grande ênfase nas ferramentas de interação entre os protagonistas e participantes, possibilitada por meio de ambientes de aprendizagem, como o *Moodle*. E também, defende o fortalecimento do aprendizado de maneira colaborativa, pois permite que os estudantes tenham autonomia em suas participações, através das “ferramentas que apoiam o compartilhamento de papéis dos participantes (nos quais eles podem ser tantos formadores quanto aprendizes e a geração colaborativa de conhecimento, como wikis, e-livros, etc., assim como ambientes de diálogo, como diários, fóruns, bate papos, etc” (SABBATINI, 2017, p. 2). Observa-se que a utilização, no contexto dos sujeitos da pesquisa, está vinculada basicamente a disponibilização de materiais e envio de mensagens.

Assim, infere-se que os docentes ao não utilizarem a potencialidade oferecida por esse recurso digital em sala de

aula, minimizam as possibilidades dos alunos com ou sem dislexia de terem outras fontes e formas de apreender os conteúdos. Nesse contexto, entende-se que é preciso que exista uma transformação na função docente, tanto quanto os outros componentes do sistema educacional estão vivenciando. Sobre isso, Gómez (2015, p. 141) alerta “a visão terá de mudar de uma concepção do docente como profissional definido pela capacidade de transmitir conhecimentos e avaliar resultados para a de um profissional capaz de diagnosticar as situações e as pessoas”.

Posteriormente, foi questionada a frequência da utilização do recurso tecnológico *E-mail* no cotidiano acadêmico dos docentes e estudantes. Observou-se que este recurso tem boa utilização por professores e estudantes, visto que a maioria usa com frequência, por se tratar de um recurso versátil, fácil de utilizar e não necessitar que os usuários estejam disponíveis simultaneamente. Os entrevistados utilizam com as seguintes finalidades: avisos sobre as disciplinas, disponibilização de materiais pedagógicos e, com menor frequência, disponibilização de links.

Entretanto, o que se busca nesse ponto de análise é ampliar a discussão em relação à utilização do E-mail, para além do envio e recebimento de mensagens, mas em problematizar a possibilidade de utilização pedagógica do recurso. Considera-se que nesse sentido, possam ser exploradas mais profundamente as ferramentas multimídias incorporadas às mensagens, que podem auxiliar a melhor compreensão dos conteúdos por alunos disléxicos, devido às suas dificuldades de leitura.

Sobre a utilização de aplicativos na categoria de *softwares* educacionais, os estudantes citaram o uso efetivo de programas e aplicativos de apoio à aprendizagem, todos gratuitos, tais como: aplicativos que realizam leitura de textos em áudio; que traduzem texto usando a câmera instantaneamente; aplicativos que disponibilizam resumos e aulas em vídeo; que realizam leitura de tela e; por fim, recursos que o usuário fala e a ferramenta transforma em texto.

Entre os professores, observou-se menor utilização de recursos digitais, como apoio ao ensino/aprendizagem. Somente um professor citou dois exemplos de aplicativos que utiliza, um que serve como ferramenta para captura de imagens em 360°; e a utilização de um ambiente de desenvolvimento integrado para cálculos estatísticos e gráficos. Verifica-se que existem diferentes interesses manifestados pelos docentes em buscar recursos que complementam sua mediação. Essa informação remete à interpretação de que, provavelmente, essas variáveis interferiram na forma com que cada docente busca integrar as TIC em suas práticas educacionais. Para Nakashima (2014, p. 200), entre as variáveis que podem influenciar na integração estão, “tempo de experiência docente; letramento digital; acesso aos recursos; a crença de que as tecnologias podem auxiliar o aprendizado do estudante; frequência e disponibilidade do professor para integrar tecnologias no ensino”.

Sobre essas variáveis, recai a questão de formação continuada de professores na área educação/tecnologia/ educação especial, na universidade pesquisada. Destaca-se que a universidade dispõe de setores exclusivos para oferta de cursos de capacitação para utilização do ambiente *Moodle* e de outros recursos digitais, assim como na área das NEE. Percebe-se que a instituição oferta formação continuada que possibilita a utilização de recursos digitais acessíveis na sala de aula, mas a participação do docente

nessas formações é voluntária e são poucos os que participam.

Por fim, questionou-se sobre a utilização de redes sociais no contexto acadêmico. Observou-se, que a maioria dos docentes prefere não as utilizar nas atividades profissionais. Dois dos docentes entrevistados disseram que pouco fazem uso para avisos. Do total de cinco professores entrevistados, quatro não participam de grupos de *WhatsApp* com as turmas e evitam aceitar alunos em seus perfis. Um deles disse que utiliza as redes sociais para se comunicar com alunos e colegas via mensagens instantâneas e faz compartilhamentos de notícias, conteúdos e avisos nas páginas do *Facebook* dos cursos de graduação em que atua.

Desse modo, observou-se que os entrevistados praticamente não utilizam as redes sociais para fins de interação nas relações professor/aluno/aprendizagem. Entende-se que redes sociais, resumidamente, referem-se à formação de pequenos ou grandes grupos de indivíduos conectados através da internet, que partilham algum interesse em comum.

Ademais, ao proporcionar que as pessoas compartilhem com outras o que sabem e o que pensam, Saylag (2013), acrescenta que as redes sociais acabam abrindo várias oportunidades para o âmbito educacional, podendo, segundo Baris e Tosun (2013), tornar-se uma ferramenta de apoio para interagir com os estudantes e criar salas de aula virtuais. Mais do que isso, segundo Gómez (2015, p. 122) “as redes sociais e as redes de informação e trabalho na internet elevam a cooperação a um nível até então desconhecido, pelo acesso fácil, econômico e permanente a múltiplos fóruns e grupos humanos interculturais que facilitam a aprendizagem.

Acredita-se que a inserção de redes sociais como estratégia no processo de ensino/aprendizagem é uma tendência contemporânea, pois com planejamento adequado, podem dar suporte a um espaço coletivo de aprendizagem, sendo uma opção geradora de informação e favorecendo o surgimento de novas formas de ensinar e aprender dinamicamente nos ambientes educacionais.

Nessa perspectiva, “a internet, as plataformas digitais e as redes sociais merecem uma consideração especial como instâncias de comunicação e intercâmbio, que favorecem a interação e a participação dos interlocutores, como receptores e transmissores de intercâmbios virtuais humanos” (GÓMEZ, 2015, p.20). Desse modo, instigar os estudantes à prática da utilização das TIC é sem dúvida, uma possibilidade de ofertar acesso ao conhecimento e aquisição de aprendizagem.

Portanto, a partir da análise realizada, percebe-se que o uso das TIC, como recurso que auxilia na aprendizagem dos estudantes com dislexia, efetivamente inexistente na prática docente pesquisada. Há uma demanda urgente de formação dos professores e, sobretudo de uma reflexão sobre a própria prática, sobre as diferenças, a autonomia na aprendizagem, a aprendizagem colaborativa e a formação profissional dos estudantes. Sob a perspectiva dos estudantes disléxicos, verifica-se um esforço individual, próprio e autônomo, em buscar recursos digitais que auxiliem a diminuir a lacuna entre as limitações existentes e uma aprendizagem significativa.

IV. CONCLUSÕES

A sociedade atual está se desenvolvendo em um novo contexto de informação e comunicação e, diante disso, a

educação precisa adaptar-se aos novos ambientes sociais e tecnológicos que se configuram nesse cenário. No âmbito do ensino superior, a aprendizagem centrada no aluno e os novos ambientes de interação, possibilitados pelo uso de TIC, tornam-se indispensáveis para a construção de uma sociedade mais inclusiva, potencializando nos estudantes, o desenvolvimento de aprendizagem autônoma e significativa, de acordo com suas especificidades.

Atualmente, inserir o uso das TIC na educação, como elemento de mediação da aprendizagem e de promoção de acessibilidade e inclusão, é uma necessidade emergente. Uma das barreiras é a prática docente padronizada, adotada em sala de aula, que não considera os tipos de interação que poderiam ser amplamente explorados com o uso de recursos digitais.

Nesse sentido, ao finalizar este estudo que objetivou investigar a utilização das TIC, com alunos que possuem dislexia e frequentam o ensino superior, é possível tecer algumas considerações.

Quanto aos estudantes disléxicos que foram pesquisados, conclui-se que as TIC oferecem potencial significativo de aprendizagem e acessibilidade, sendo reconhecida e utilizada por eles, como recurso facilitador de aprendizagem. Os estudantes recorrem aos recursos digitais, por eles próprios sentirem necessidade de buscar alternativas para atender suas demandas, não porque são motivados, incentivados ou orientados pelos seus professores ou pelos colegas.

Em relação aos docentes, compreende-se que utilizam TIC basicamente para apresentação de conteúdo, pois falta-lhes formação e reflexão sobre a própria prática, visto que continuam a tratar a todos da mesma forma, sem espaço para discussão das diferentes necessidades existentes entre os estudantes e sem considerar as diferentes formas e utilização das tecnologias na prática de ensino. Ademais, embora compreendam que as tecnologias promovem a aprendizagem significativa e podem atender as especificidades dos estudantes pesquisados, não foram relatadas práticas com a utilização de tecnologias, para além daquelas que já utilizavam, quando não possuíam alunos com dislexia em sala de aula.

Mesmo tendo sido constatado que os alunos com dislexia utilizam recursos digitais para facilitar a aprendizagem e, isso acaba lhes oportunizando uma maior autonomia, o estudo apresenta limitação, pois representa uma pequena parcela de sujeitos, em um determinado contexto. Contudo, os resultados encontrados servem para ratificar a necessidade de novas pesquisas com número mais expressivo de participantes e em outros contextos, com a finalidade de disseminar as potencialidades das TIC nos processos de inclusão e aprendizagem do sujeito com dislexia.

Por fim, a pesquisa apresenta como perspectiva futura o desenvolvimento de diretrizes para acessibilidade, por meio das TIC, para estudantes com dislexia do ensino superior, contribuindo no delineamento de possibilidades que melhor orientem gestores, docentes e estudantes ao sucesso acadêmico.

V. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: elaboração de trabalhos na graduação. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- BAGATINI, Daniela; TELES, Fernando; NELSON, Júnior; CONFORTO, Débora; SANTAROSA, Lucila; LEITHARDT, Valderi; MARASCHIN, Cleci. Avaliação de um software de autoria coletiva: experiências com pessoas com necessidades especiais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n.1, julho, 2012.
- BARIS, M. Fatih; TOSUN, Nilgun. Can Social Networks and E-Portfolio be Used together for Enhancing Learning Effects and Attitudes? **Turkish Online Journal of Educational Technology**, v. 12, n. 2, 2013. p. 51-62. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Mehmet_Baris/publications>. Acesso em: 10 dez. 2018
- BEHAR Patricia Alejandra; SOUZA, Eliane Kiss de; GÓES, Camila Guedes Guerra; LIMA, Edilma Machado de. A importância da acessibilidade digital na construção de objetos de aprendizagem. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 2, 11p. dezembro, 2008.
- BENMARRAKCHI, F., EL KAFI, J., ELHORE, A. *et al.* **Exploring the use of the ICT in supporting dyslexic students' preferred learning styles: A preliminary evaluation** *Educ Inf Technol* (2017) 22: 2939. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9551-4>. Acesso em: 11 fev 2020.
- CIDRIM Luciana; MADEIRO Francisco. **Information and Communication Technology (ICT) applied to dyslexia: literature review**. *Rev. CEFAC* vol.19 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-021620171917916>. Acesso em: 11 fev 2020.
- COLL, César; MONEREO, Charles. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CORRÊA, Ygor; GOMES, Rafael Peduzzi; RIBEIRO, Vinicius Gadis. A inclusão digital de surdos por meio de sites acessíveis em Libras: uma comunicação de mão única? **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 1, julho, 2017.
- CUNHA, Eugênio. **Práticas Pedagógicas para Inclusão e Diversidade**. 3ed. Rio de Janeiro: WAK Editora, 2013.
- ENEMARK, S.; KJAERSDAM, F. A ABP na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário. In: **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**/ Ulisses F. Araújo, Genoveva Sastre (orgs.) – São Paulo: Summus, 2009.
- GIROTO, C. R. M.; POKER, R. B.; OMOTE, S. (Org.). **As tecnologias nas práticas pedagógicas inclusivas**. Marília/SP: Cultura Acadêmica, 2012. p. 65-92.
- GOMES, S; TAVARES, M. **Formação continuada de professores da educação superior: novas linguagens, novas práticas, novos desafios**. *Revista Lusófona de Educação*, núm. 36, abr-jun. 2017. p. 25-39.
- GÓMEZ, Ángel I. Pérez. **Educação na era digital: a escola educativa**/ Ángel I. Pérez Gómez; tradução Mariza Guedes; revisão técnica: Bartira Costa Neves. – Porto Alegre: Penso, 2015. 192p.
- GREEN, Stacey (2017). **A critical reflection on how information communication technology can facilitate high quality teaching and learning for dyslexic children and their spelling**. *The STeP Journal (Student Teacher Perspectives)*, 4 (4). pp. 61- 69. Disponível em: <http://insight.cumbria.ac.uk/id/eprint/3391/> Acesso em: 11 fev. 2020
- HIGA, Elza de Fátima Ribeiro *et al.* Caminhos da avaliação da aprendizagem ativa: visão do estudante de medicina. **Revista Lusófona de Educação**, [S.l.], v. 40, n. 40. dez 2018. ISSN 1646-401X. Disponível em: <<http://revistas.ulusofona.pt/index.php/rleducacao/article/view/6441>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- MONFREDINI, Ivanise. A relação universidade e classes populares. **Revista Lusófona de Educação**, [S.l.], v. 39, n. 39, June 2018. ISSN 1646-401X. Disponível em: <<http://revistas.ulusofona.pt/index.php/rleducacao/article/view/6389>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- NAKASHIMA, Rosária Helena Ruiz. **A dialética dos conhecimentos pedagógicos dos conteúdos tecnológicos e suas contribuições para a ação docente e para o processo de aprendizagem apoiados por um ambiente virtual**. São Paulo: USP. (Tese de Doutorado), 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-01102014-134609/ptbr.php>>. Acesso em 12 jul 2018.
- PRODANOV, C. C. FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RUÉ, Joan. Aprender com autonomia no ensino superior. In: **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**/ Ulisses F. Araújo, Genoveva Sastre (orgs.) – São Paulo: Summus, 2009.
- SABBATINI, Renato Marcos Endrizi. **Ambiente de Ensino e Aprendizagem via Internet: A Plataforma Moodle. O que é Moodle?** 2017. Disponível em <<http://www.ead.edumed.org.br/>> Acesso em 03 dez. 2018.
- SANTOS, R. **Educação, TIC e Inclusão/Exclusão: o papel da escola na formação para o uso social das tecnologias**. Dourados: UFGD, 2011.
- SAYLAG, Renan. Facebook as a tool in fostering EFL teachers' establishment of interpersonal relations with students through self-disclosure. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam: v. 82, 2013. p. 680-685. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813013967>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- SUMARDI, Sumardi; NAIM, Muhammad; AYU, Aryn. **Reading Habit Development with ICT Support for Students with Specific Learning Disabilities in Jember, Indonesia**. *Proceedings of the 6th International Conference on Educational Research and Innovation (ICERI 2018)*. <https://doi.org/10.2991/iceri-18.2019.40>. Acesso em: 11 fev 2020.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

VI. COPYRIGHT

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

Submetido em: 20/12/2019

Aprovado em: 12/02/2020

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	<p>UMA COMUNIDADE DE PRÁTICA VIRTUAL POR MEIO DO APLICATIVO WHATSAPP E A CONVERSÃO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO ESCOLAR</p> <p>A VIRTUAL PRACTICE COMMUNITY THROUGH THE WHATSAPP APP AND THE CONVERSION OF KNOWLEDGE IN THE SCHOOL CONTEXT</p> <p>Sandra Aparecida Ortiz Larrosa; Tania Regina Corredato Periotto; Nelson Tenório; Ana Paula Francisca Dos Santos</p>
-----	--



UMA COMUNIDADE DE PRÁTICA VIRTUAL POR MEIO DO APLICATIVO WHATSAPP E A CONVERSÃO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO ESCOLAR

A VIRTUAL PRACTICE COMMUNITY THROUGH THE WHATSAPP APP AND THE CONVERSION OF KNOWLEDGE IN THE SCHOOL CONTEXT

SANDRA APARECIDA ORTIZ LARROSA¹, TANIA REGINA CORREDATO PERIOTTO²,
NELSON TENÓRIO³, ANA PAULA FRANCISCA DOS SANTOS⁴

1 - ALUNA DO PPG. MESTRADO EM GESTÃO DO CONHECIMENTO - CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DE MARINGÁ – UNICESUMAR; 2; 3 - DOCENTES DO PPG. MESTRADO EM GESTÃO DO CONHECIMENTO - CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DE MARINGÁ /ICETI; 4 - ALUNA DO PPG. MESTRADO EM GESTÃO DO CONHECIMENTO - CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DE MARINGÁ - UNICESUMAR / BOLSISTA CAPES

sandraortiz_1@hotmail.com; tania.periotto@unicesumar.edu.br; nelson.tenoriojr@gmail.com; aninhafrancisca26@gmail.com

Resumo - Este estudo tem como objetivo, demonstrar como os processos de conversão do conhecimento ocorreram a partir das interações entre uma comunidade de prática criada por meio do aplicativo WhatsApp. Entendida aqui, como uma ferramenta que favorece a Gestão do Conhecimento a comunidade de prática contou com o envolvimento de nove professores de um Centro de Educação Infantil da cidade de Maringá – PR. Configurado como um estudo de caso, mostrou que o engajamento da equipe favoreceu o compartilhamento, a disseminação, a codificação e a conversão do conhecimento, pautando-se no Modelo Espiral do Conhecimento.

Palavras-chave: Conversão do Conhecimento. Aplicativo WhatsApp. Comunidade de Prática.

Abstract - This study aims to demonstrate the knowledge conversion processes that occur from the interactions between a community of practice created through the WhatsApp application. Understood here, as a tool that favors Knowledge Management in the community of reported practices or the involvement of nine teachers from the Child Education Center in the city of Maringá - PR. Configured as a case study, it showed that team engagement favored knowledge sharing, dissemination, coding and conversion, based on the Spiral Knowledge Model.

Keywords: Knowledge Conversion. WhatsApp Application. Community of Practice.

I. INTRODUÇÃO

As mudanças ocorridas na sociedade estão atreladas ao avanço e desenvolvimento das tecnologias, principalmente com a ampliação do uso da Internet. Os indivíduos se relacionam e se comunicam de formas diferenciadas por meio das possibilidades que o mundo virtual oferece, onde a conectividade acontece em tempo real.

Essa mudança de comportamento interfere nas relações sociais e, conseqüentemente, no contexto educacional (KENSKI, 2002).

O compartilhamento de informações a qualquer hora e local, independente da localização geográfica, está entre os benefícios que as redes sociais proporcionam por meio de seus recursos e ferramenta, Huhn (2012).

Os instrumentos digitais como tablets, smartphones, laptops, etc., facilitam a interação de seus usuários e contribuem, como acrescenta Anelo (2014), para a ampliação das possibilidades de comunicação.

Esse panorama social atinge a escola e interfere na aprendizagem dos alunos, pois além da bagagem cultural adquirida no contexto familiar, eles trazem consigo experiências e informações alcançadas pela facilidade de acesso ao mundo virtual.

A presença dos recursos tecnológicos permite maior interatividade e contribui para a construção do conhecimento de forma quase que natural.

Assim, as práticas pedagógicas precisam ser atrativas e inovadoras, visando à efetividade na aprendizagem, onde professores e equipe pedagógica aceitem a tecnologia como parceira nessa missão de ensinar na atualidade.

Segundo Vaillant e Marcelo (2012), as mudanças sociais refletem, automaticamente, na educação que necessita ser redesenhada aos moldes da contemporaneidade, principalmente, no que diz respeito ao ambiente escolar (MORAN, 2014).

Diante desse cenário, o objetivo desse trabalho é a criação de uma Comunidade de Prática (CoP) virtual, por meio do aplicativo *WhatsApp*, para promover o compartilhamento, a disseminação, a codificação e a conversão do conhecimento no contexto escolar.

A necessidade de conduzir a aprendizagem coletiva e efetiva depende da motivação dos professores para a utilização dos recursos tecnológicos que, diante da concepção da interatividade por meio de uma rede social, favorecem a possibilidade de construção e compartilhamento de conhecimentos e experiências, visando à melhoria da Gestão

do Conhecimento (GC) na escola, justificando, portanto, este trabalho.

II. METODOLOGIA

A partir de um estudo de caso de natureza aplicada com caráter exploratório e descritivo, buscou-se expor a finalidade de promover o compartilhamento, a disseminação, a codificação e a conversão do conhecimento, dentro de uma CoP virtual, criada por meio do aplicativo *WhatsApp*. Pautando-se no Modelo Espiral do Conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1997) e, de uma forma adaptada, a conversão do conhecimento proposta pelos autores é apresentada da seguinte forma neste trabalho: Compartilhamento (Socialização) diz respeito à passagem do conhecimento tácito para tácito, a Disseminação (Externalização) é a propagação do conhecimento tácito que se torna explícito aos membros da CoP, a Codificação (Combinação) é o processamento e a sistematização do conhecimento explícito ao conhecimento já existente e a Conversão (Internalização) é a transformação do conhecimento explícito em tácito por meio da incorporação do know how. Ver Figura 1.

Figura 1 - Espiral do Conhecimento adaptada para uma CoP virtual



Fonte: Adaptação de Nonaka e Takeuchi (1997).

Tanto o modelo original da Espiral do Conhecimento quanto o modelo adaptado contemplam processos da GC que possibilitam um melhor aproveitamento do conhecimento dentro das organizações, independente do contexto.

Diante dessa formatação, este estudo apresenta uma abordagem qualitativa, resultado da análise sobre as interações entre um grupo criado por meio do aplicativo *WhatsApp*, composto por nove profissionais de um Centro de Educação Infantil, do município de Maringá/PR, Brasil, caracterizando-se em uma CoP virtual. Estes profissionais têm formação em Pedagogia, porém, seis atuam como professores regentes, um é responsável pelo atendimento ao público e demandas da secretaria da escola, e outros dois, atuam na direção e coordenação pedagógica.

Sob a administração da coordenadora pedagógica da escola, o grupo virtual, denominado “Grupo de Estudos”, foi criado no início do ano letivo de 2019, durante a semana pedagógica do Centro, diante da necessidade de aprimorar e intensificar a comunicação entre os profissionais. Assim, sugeriu-se a utilização do *WhatsApp* por ser um aplicativo que todos tinham acesso em seus celulares, pois já faziam o uso para questões particulares. Para fins de organização, as regras do grupo foram estabelecidas para que os objetivos do uso do mesmo fossem alcançados.

No início das atividades do grupo, os membros da CoP virtual receberam informações sobre a rotina escolar,

missão do Centro e da linha pedagógica seguida. Após esses primeiros informes, os profissionais passaram a utilizar esse espaço de interação para discutir e compartilhar ideias e materiais relacionados às demandas do corpo discente, visando à melhoria das práticas de ensino e de GC.

Com isso, observou-se que o compartilhamento de experiências positivas por parte de cada membro do grupo, com relação ao seu campo de atuação, foi possibilitado e ofereceu subsídios para que os colegas aprimorassem suas aulas e, também, contribuiu para a aproximação dos envolvidos, colaborando para o fortalecimento do relacionamento entre a equipe de profissionais do Centro.

A adoção do aplicativo *WhatsApp* como uma ferramenta que promove a GC por meio do compartilhamento do conhecimento para a inovação das práticas pedagógicas, foi bem aceita pelos profissionais envolvidos, demonstrando engajamento da equipe, fato este que traz benefícios pessoais e coletivos.

III. GESTÃO DO CONHECIMENTO E O MODELO ESPIRAL DO CONHECIMENTO

Segundo Lakatos (2017), o conhecimento é algo valioso que traz segurança e pode ser utilizado para transformar o meio em que se vive, sendo assim, resultado de um processo dinâmico que envolve crenças, valores, experiências e, está atrelado às trajetórias de vida dos indivíduos.

Neste sentido, a Gestão do Conhecimento (GC) está diretamente ligada a esse processo já que, busca identificar conhecimentos relevantes a fim de atender as necessidades de um determinado contexto (STRAUHS *et al.*, 2012).

No entanto, na concepção de Nonaka e Takeuchi (1997), a GC não remete somente a crenças e valores, mas sim a ações vinculadas a uma interação específica, ou seja, o processo dinâmico apresenta uma relação entre a crença pessoal e as verdades. Dessa forma, a GC ocorre mediante a interação entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito, processo esse que é denominado pelos autores como a “conversão do conhecimento”, a qual contribui para a criação do conhecimento.

Nonaka e Takeuchi (1997) descrevem o conhecimento tácito como capital intelectual de difícil formulação e comunicação, pois se refere ao conhecimento pessoal e específico do indivíduo. Já o conhecimento explícito, é apresentado por eles como algo transmissível, que pode ser compartilhado em linguagem formal, podendo ser encontrado em documentos, livros, manuais, etc.

Segundo os referidos autores, o processo de conversão do conhecimento tácito para explícito está amparado em quatro formas diferentes: a Socialização (tácito-tácito), a Externalização (tácito-implícito), a Combinação (explícito-implícito) e a Internalização (explícito-tácito), demonstradas na Figura 2, o qual está representado à ideia original da Espiral do Conhecimento formulada por Nonaka e Takeuchi (1997).

Figura 2 - Espiral do Conhecimento



Fonte: Adaptação de Nonaka e Takeuchi (1997).

Diante dessa dinâmica entre os conhecimentos proposta pelos autores citados, a GC pode contribuir com a organização e valorização do capital intelectual presente dentro das organizações, seja no formato tácito ou explícito, tendo o suporte das tecnologias, as quais proporcionam variadas formas de interação entre os indivíduos, facilitando o compartilhamento e a construção do conhecimento.

IV. COMUNIDADE DE PRÁTICA E REDES SOCIAIS NO CONTEXTO ESCOLAR

Proposto pelos teóricos Etienne Wenger e Jean Lave em 1991, o termo Comunidade de Prática (CoP) - Communities of Practice - está relacionado, segundo Rover (2014), às maneiras de trabalho em conjunto e/ou associação natural entre as pessoas.

Caracterizada por um grupo de pessoas com interesses comuns que, ao trocarem ideias e experiências, buscam aprendizado ou resolução de problemas sobre um assunto determinado, uma CoP oferece ferramentas que contribuem para a criação do conhecimento por meio da interação entre os indivíduos de forma organizada, pautada nos objetivos da comunidade (NORO *et al.*, 2016).

A Gestão do Conhecimento (GC) concebe as CoPs como uma de suas principais ferramentas, já que estas potencializam e influenciam o processo de compartilhamento, disseminação, codificação e conversão do conhecimento dentro das instituições. Independente da localização geográfica ou do meio em que se encontram inseridas, a interação entre seus membros é possibilitada de maneira acertada, seja de forma presencial ou virtual, buscando o aperfeiçoamento de projetos e o desenvolvimento do conhecimento (ROVER, 2014).

Existem três pilares que distinguem uma CoP de outras estruturas, sendo organizada, como aponta Wenger, MdDermott e Snyder (2002), da seguinte forma: o domínio, a comunidade e a prática.

- Domínio: Uma identidade definida por um domínio/assunto de interesse onde os membros contribuem e participam para alcançar significado nas ações.
- Comunidade: Uma rede de interação e comunicação entre um grupo de pessoas que visam os mesmos objetivos por meio do compartilhamento de experiências.
- Prática: O desenvolvimento de um conhecimento específico acontece por meio dos praticantes da comunidade, onde a prática compartilhada resulta em um repertório de ideias e experiências.

O bom funcionamento de uma CoP depende do desenvolvimento paralelo desses três pilares, onde a confiança e o respeito mútuo são requisitos fundamentais para seu sucesso. Ver Figura 3.

Figura 3 - Três pilares de uma Comunidade de Prática



Fonte: Adaptado de Wenger, McDermott e Snyder (2002).

As vantagens da interação em uma Cop podem ser aproveitadas na área educacional a fim de valorizar, como aponta Rover (2014), o conhecimento transmitido, a criação de redes de relacionamento por áreas de estudo, a expansão do conhecimento e o compartilhamento de experiências. Os professores e a equipe pedagógica podem proporcionar uma melhor Gestão do Conhecimento dentro da escola se adotarem essa ferramenta como aliada para a inovação de suas práticas de ensino, pois, quando se compartilha experiências, materiais e dicas sobre áreas em comum, há uma contribuição para a mudança de hábitos e, conseqüentemente, para a construção do conhecimento.

Assim, para atender as demandas existentes no contexto escolar, a motivação e empenho dos profissionais da educação, quanto ao uso dos recursos tecnológicos, tem grande valor diante de uma sociedade em que as relações são, em sua grande maioria, intermediadas pelo mundo virtual. Os avanços da tecnologia fazem parte de nossa realidade e é necessário aproveitar seus recursos para que a aprendizagem aconteça de forma criativa e efetiva.

A ampliação da Internet possibilitou a popularização das redes sociais rapidamente, facilitando assim, o contato e a troca de informações entre seus usuários. Dessa forma, as redes sociais passaram a ser vistas como espaços de interação e de compartilhamento de informação, que de acordo com Recuero (2009), são repletos de agentes sociais, ou seja, pessoas que compartilham dos mesmos interesses, desejos e aspirações.

Em vista disto, Kaufman (2012) relata que os laços criados em ciberespaços conduzem a construção de capital social, pois diante da conexão e da interação entre seus usuários, está vinculada a circulação de conhecimentos. Logo, as redes sociais apresentam grande potencial comunicativo, que segundo Lemos (2013) facilitam a troca de informações de diversas maneiras, facilitando a construção do conhecimento.

Do ponto de vista educacional, a inserção das redes sociais como recurso pedagógico, promove estratégias relevantes para o ensino, além de atuar como um importante elemento para o processo de remodelação da escola/educação (THAMY; SANTOS, 2013). Segundo Lima e Rosendo (2014) e Valente (2015), o uso de tais plataformas digitais, promovem uma combinação de um mundo físico e virtual. De acordo com os autores, essa combinação dá origem a uma nova forma de ensino, o ensino híbrido. Para complementar, os autores afirmam que a adoção das plataformas digitais para fins pedagógicos contribui para desenvolver habilidades e competências compatíveis com as demandas sociais do momento.

Frente a isto, Moran (2015) relata que em decorrência das mudanças sociais, é necessário interligar o mundo físico

e o virtual para que o aprender e o ensinar ocorram de forma simbólica e contínua. Sendo assim, é necessário que a escola/educação busque modificar seu papel diante da sociedade, visando compreender e aprimorar seus processos por meio do uso das novas linguagens de comunicação.

Partindo deste propósito, o *WhatsApp* é um aplicativo multiplataforma de comunicação instantânea, desenvolvido em 2009, para dispositivos móveis. No entanto, de acordo com Mattar (2014), este aplicativo vem atuando como uma ferramenta promissora de apoio à educação, pois facilita a comunicação e o compartilhamento de diferentes tipos conteúdos de forma rápida, segura e eficaz entre um ou mais usuários espalhados em todo o mundo.

Seus recursos são semelhantes a diversas redes sociais existentes, as quais permitem a interação individual ou coletiva de seus usuários, porém, o que a diferencia das outras redes é a segurança e a facilidade de acesso, pois suas mensagens são criptografadas e o acesso ao aplicativo ocorre por meio da conexão com a Internet, além disto, com o passar do tempo, ocorrem atualizações no aplicativo, as quais ampliam seus recursos facilitando cada vez mais o compartilhamento de informações e conteúdos (WHATSAPP, 2009).

De acordo com site do *WhatsApp* (2019), atualmente o aplicativo pode ser utilizado em dispositivos com sistema Android, Iphone, Mac ou Windows PC e Windows Phone. Como recursos, o aplicativo oferece a seus usuários a praticidade de compartilhamento de documentos em PDF, Word e PowerPoint com dimensões de até 100 MB, sem a necessidade de vinculá-lo a um endereço de e-mail, além do envio de mensagens instantâneas de texto, voz, imagens, vídeos, localização, contatos anexados em sua agenda telefônica, vídeo chamada e chamada de voz (WHATSAPP, 2019).

Assim, considerando os recursos disponíveis no aplicativo WhatsApp, os quais passam por constantes atualizações, Araújo e Bottentuit Junior (2015) afirmam que desde seu surgimento, ele tem se configurado como uma valiosa ferramenta para a área da educação, uma vez que contribui para a melhoria das práticas pedagógicas através das imensas possibilidades de compartilhamento e interação entre seus usuários.

V. RESULTADOS

Diante do objetivo proposto para este trabalho, os processos adaptados de conversão do conhecimento podem ser observados na Figura 4.

Figura 4 - Conversão do conhecimento em uma CoP virtual



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Por se tratar de uma CoP virtual, a interação dentro do grupo foi promovida pela dinâmica dos processos de compartilhar, disseminar, codificar e converter o conhecimento, pautando-se no Modelo Espiral do Conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1997). No momento

em que um dos membros compartilhava (postava) informações na CoP, de acordo com as demandas do Centro de Educação Infantil, esta ficava disponível para todos os envolvidos por meio da disseminação que, ao visualizarem-na, iniciavam a codificação a partir do processamento e sistematização ao conhecimento já existente e, por fim, acontecia a conversão do conhecimento através da incorporação e demonstração na prática, ou seja, o know how, que pode ser observada pela coordenadora pedagógica da escola.

Assim, constatou-se que as trocas de ideias, materiais e experiências foram favorecidas, o que contribuiu para mudanças de hábitos com relação ao posicionamento de alguns profissionais perante seus colegas, já que, ao interagirem no grupo e compartilhar suas atividades, ficaram mais próximos e amigáveis.

Com isso, percebeu-se que a facilidade de acesso e comunicação e o compartilhamento do conhecimento foram fundamentais para aprimorar as práticas pedagógicas, além da busca por soluções para a superação de dificuldades, que aconteceu de forma coletiva, onde os profissionais envolvidos motivaram-se a dar suporte uns aos outros.

Assuntos pertinentes às questões administrativas também foram disponibilizados, porém, apenas uma vez, ficando acessíveis para consultas pelos membros da CoP a qualquer tempo.

O “Grupo de Estudos” virtual ainda encontra-se em funcionamento demonstrando a aceitação positiva por parte dos envolvidos e, espera-se que o compartilhamento do conhecimento continue fazendo parte da rotina do Centro de Educação Infantil, visando à melhoria das práticas pedagógicas e da GC. Espera-se ainda, que os profissionais explorem outras ferramentas tecnológicas e inovem, ainda mais, o processo de ensino e aprendizagem com o suporte da tecnologia.

VI. CONCLUSÕES

Diante do objetivo desta pesquisa, os resultados mostram que a utilização dos recursos tecnológicos contribuiu para que os profissionais da educação aprimorem suas práticas pedagógicas oferecendo assim, aulas diferenciadas e uma aprendizagem de qualidade aos alunos.

Portanto, partindo deste pressuposto, este trabalho teve como objeto de estudo uma CoP virtual criada por meio do aplicativo *WhatsApp*, onde foi possível observar que as interações estabelecidas promoveram o compartilhamento, a disseminação, a codificação e a conversão do conhecimento, favorecendo a Gestão do Conhecimento dentro do Centro de Educação Infantil. Além disso, o engajamento da equipe de profissionais foi aprimorado, gerando benefícios individuais e coletivos.

Tem-se a expectativa de que os professores ampliem seus conhecimentos sobre o uso dos recursos tecnológicos a fim de inovar suas aulas, contribuindo para a construção do conhecimento individual e coletivo como também agregar valor ao Centro de Educação Infantil.

VII. REFERÊNCIAS

ANELO, C. R. F. **Interatividade na Comunicação: o usuário enquanto produtor de conteúdo**. In: Simpósio Internacional de Ciberjornalismo - UFMS, Campo Grande, 2014. Anais Eletrônicos... Disponível em:

- www.ciberjor.ufms.br/ciberjor5/files/ 2014/07/claudia-ferreira.pdf. Acesso em: 18 jan. 2020.
- ASSUNÇÃO, R. S.; MATOS, P. M. Perspectivas dos adolescentes sobre o uso de face book: um estudo qualitativo. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 19, n. 3, 2014.
- ARAUJO, P. C.; BOTTENTUIT JUNIOR, J. B. O **Aplicativo de Comunicação WhatsApp como Estratégia no Ensino de Filosofia**. Temática (João Pessoa. Online), v. XI p. 11-23, 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/tematica/article/view/22939/12666>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- HUHN, A; DOROW, P. F.; SOUZA, J. A. Fundamentos organizacionais da gestão do conhecimento. **Revista SODEBRAS [on line]**. v. 7, n. 78, Jun./2012, p.3-6, ISSN 1809-3957. Disponível em: < <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N78.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2019.
- KAUFMAN, D. A força dos “laços fracos” de Mark Granovetter no ambiente do ciberespaço. In: **Galáxia**, São Paulo, n. 23, 2012.
- KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. Campinas, SP: Papirus, ed. 9, 2012
- LEMOS, A. **A comunicação das coisas: teoria ator-rede e cibercultura**. São Paulo: Annablume, 2013.
- LIMA, A. L. D’; ROSENDO, R. **Séries finais do ensino fundamental: o papel das TIC na etapa mais desafiadora do ensino básico**. In: CETIC. BR. Pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas escolas brasileiras - TIC Educação 2013. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2014. Disponível em: <https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic-educacao-2013.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo. 8ª Ed. 2017.
- MORAN, J. M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica** / José Manuel Moran, Marcos T.Masetto, Marilda Aparecida Behrens. Campinas, SP: Papirus, 2013.
- NEVES, A. **Gestão do Conhecimento, Redes e Ferramentas Sociais**. 2014.
- NONAKA, I; TAKEUCHI, H. **Criação de Conhecimento na Empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.
- NORO, D. A. *et al.* **Comunidades de Prática: Um modelo para a Gestão do Conhecimento com Base em um Portal Web**. In: VII International Symposium on Technological Innovation. Aracaju, SE, 2016. Anais Eletrônicos Disponíveis em: <http://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2016/ISTI2016/paper/viewFile/18/56>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- RECUERO, R. **Redes Sociais na internet**. Porto Alegre: Sulina, 2009.
- ROVER, V. S. **Comunidades de Prática no Contexto Escolar**. Universidade de Caxias do Sul – Centro de Computação e Tecnologia da Informação – Bacharelado em Tecnologias Digitais. Caxias do Sul, 2014.
- STRAUHS, F. R. *et al.* **Gestão do Conhecimento nas Organizações**. Curitiba: Aymarã Educação, 2012.
- THAMY, A.F.; SANTOS, A. **Criação de um curso a distância de Introdução a Eletrônica Digital na Rede Social REDU**. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, v.24, n.1, 2013. Anais Eletrônicos... Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/2568>. Acesso em: 22 abr. 2019.
- VAILLANT, D.; MARCELO, C. **Ensinando a ensinar**. As quatro etapas de uma aprendizagem. Curitiba: Editora das Universidades Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, Curitiba: 2012.
- VALENTE, J. A. O ensino híbrido veio para ficar BACICH, Lilian; NETO, Adolfo Tanzi; TREVISANI, Fernando de Mello. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- WHATSAPP. Disponível em: <https://www.whatsapp.com/>. Acesso em: 02 mar. 2019.
- WENGER, E.; MCDERMOTT, R.; SNYDER, W. M. **Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge**. Boston, MA: Harvard Business School, 2002.

VIII. COPYRIGHT

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

Submetido em: 07/11/2019

Aprovado em: 12/02/2020

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

5-1	<p>ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UMA COLUNA DE HASTE DE BOMBEIO MECÂNICO DE POÇOS DE PETRÓLEO USANDO ANALOGIA DE MOVIMENTO DE PÊNDULOS MÚLTIPLOS</p> <p>EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE DYNAMICAL BEHAVIOR OF A SUCKER ROD PUMPED VERTICAL PETROLEUM WELLS USING MULTIPLE PENDULUS ANALOGY</p> <p>Adelaide Costa De Melo; Marcelo Cavalcanti Rodrigues</p>
5-5	<p>ESTUDO RETROSPECTIVO DAS PRINCIPAIS ENFERMIDADES NA BOVINOCULTURA LEITEIRA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 2014-2018</p> <p>RETROSPECTIVE STUDY OF THE MAIN DAIRY CATTLE DISEASES IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL IN THE PERIOD 2014-2018</p> <p>Bruna Muradás Esperon; Andressa Stein Maffi; Antônio Amaral Barbosa; Eduardo Schmitt</p>

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UMA COLUNA DE HASTE DE BOMBEIO MECÂNICO DE POÇOS DE PETRÓLEO USANDO ANALOGIA DE MOVIMENTO DE PÊNDULOS MÚLTIPLOS

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE DYNAMICAL BEHAVIOR OF A SUCKER ROD PUMPED VERTICAL PETROLEUM WELLS USING MULTIPLE PENDULUS ANALOGY

ADELAIDE COSTA DE MELO¹; MARCELO CAVALCANTI RODRIGUES²

1; 2 - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

adelaide.mecanica@hotmail.com; marcelo.labii@gmail.com

Resumo – Foi observado que as hastes de bombeio mecânico de petróleo estão sujeitas a grandes esforços cíclicos e têm sofrido falhas que levaram às sucessivas rupturas causando danos físicos e financeiros a empresa produtora em um campo do Rio Grande do Norte. Os deslocamentos transversais podem ocasionar batidas/ choques da coluna de hastes com a parede interna da tubulação de produção. Neste trabalho, procura-se através de um experimento (analogia com movimento de pêndulos múltiplos) simular a dinâmica da coluna de hastes para obter os deslocamentos transversais comparando com uma análise numérica. Os resultados mostram que é possível simular o comportamento dinâmico de uma coluna de haste em poço de petróleo por bombeio mecânico.

Palavras-chave: Hastes de Bombeio. Pêndulos Múltiplos. Falhas.

Abstract – It was observed that the sucker rods pumping are subject to great cyclical efforts and they have suffered failures that have led to successive ruptures causing physical damage to the production company in the field in Rio Grande do Norte. The transverse displacements can cause beating/shocks of the rod string with the inner wall of the production tubing. In this paper, looking through an experiment (analogy with multiple pendulums motions) to simulate the dynamics of the sucker rod's string obtaining the transverse displacements to compare numerical analysis. The results show that is possible to simulate the dynamical behavior of a sucker rod pumped vertical petroleum wells.

Keywords: Sucker Rods. Multiple Pendulums. Failures.

I. INTRODUÇÃO

No método de elevação artificial de petróleo por bombeio mecânico o movimento rotativo do motor é transformado em movimento alternativo através de uma coluna de hastes que transmite o movimento para uma bomba alternativa de simples efeito no fundo do poço elevar os fluidos até a superfície.

“O Bombeio mecânico com hastes é o método artificial mais utilizado do mundo. Pode ser utilizado para elevar vazões médias de poços rasos. Para grandes profundidades, só consegue elevar baixas vazões (THOMAS, p. 241 2004).”

A coluna de hastes de bombeio é uma parte vital do sistema de bombeio mecânico, ela conecta a unidade de

bombeio na superfície a bomba no fundo do poço e tem um impacto fundamental na eficiência da elevação do fluido e em falhas eventuais com vazamento e perda da produção.

Os deslocamentos transversais das hastes de bombeio ocasionam batidas internas na coluna de produção. O contato entre a coluna de hastes e a tubulação de produção gera pontos de concentração de tensão, esses pontos podem originar diversas falhas, como abrasão, corrosão, falha por fadiga. As falhas prejudicam a produção, ocasionam paradas e aumento no número de intervenções em poços.

Os deslocamentos ocorrem devido a haste ser extremamente delgada, além de possuir um comportamento elástico elas se conectam uma a outra como um pêndulo múltiplo em série. No trabalho de Rodrigues (2008) foi desenvolvida análise harmônica de pêndulos simples para estudo da dinâmica de uma coluna de hastes de bombeio por cavidade progressiva, o autor realizou uma analogia entre os deslocamentos transversais da haste e a dinâmica de pêndulos múltiplos, identificando a influência da frequência de oscilação de acordo com a variação do ângulo de deslocamento da coluna.

Em 2018 Xiurong desenvolveu um novo método de análise dinâmica da vibração transversal da coluna de haste de bombeio mecânico abaixo do espaço de deformação por flambagem em hastes que sofrem desgastes excêntricos. Os resultados mostraram que a colisão entre a haste e o tubo ocorre no curso descendente após a flambagem da coluna de hastes e a força de colisão é distribuída gradualmente ao longo da coluna da cabeça do poço até o fundo. A colisão ocorre com maior frequência e maior força abaixo do ponto neutro e no curso descendente. O trabalho contribuiu para otimização da localização de centralizadores.

Também em 2018 estudos em poços na Indonésia que possuem óleo com alta viscosidade tinham constantemente problemas por danos na coluna de hastes de bombeio, Firtrianti analisou as cargas na coluna de hastes dos poços e as sugestões na alteração dos parâmetros de cada poço, como tamanho da bomba, velocidade e curso de bombeio, para evitar a pancada de fluido e falhas na coluna de hastes.

Esforços combinados de tração-compressão-abrasão e um ambiente corrosivo induzem a degeneração drástica do material levando-o até a ruptura. E de acordo com SANTOS (2008) em virtude das falhas ocorridas com as hastes de

bombeio, um significativo investimento torna-se necessário para a continuidade da operação deste método de elevação artificial.

No campo do Rio Grande Norte as falhas por haste partida representam 1,15% das falhas que ocorrem na haste, como abrasão, ruptura, desacoplamento, entre outras. Em uma das regiões, denominada Serraria, essa falha por haste partida representa 15% das falhas que ocorrem anualmente, 13 vezes maior que a média da bacia. Em virtude da alta frequência de falha por haste partida nessa região, foi analisado um poço em que a haste havia partido duas vezes em um ano, na análise estudamos as cargas na haste e os esforços da unidade de bombeio, para encontrar a possível causa da falha por haste partida.

Takacs (2003) afirma que:

“As hastes são consideradas delgadas pela relação do diâmetro com o comprimento e as componentes mais importantes nos carregamentos da coluna de hastes são as forças gravitacionais e as forças de empuxo. As cargas são axiais, e as hastes delgadas são extremamente vulneráveis a compressão, por isso é preciso investigar a variação das cargas durante o ciclo de bombeio (TACAKS, p. 144, 2003 – Tradução nossa)”

Com o objetivo de analisar se as falhas por haste partida podiam ser originadas do contato entre as hastes e a parede interna da tubulação de produção para os poços do Rio Grande do Norte, foi estudado neste trabalho a dinâmica das hastes e os movimentos transversais da coluna que ocorrem no interior da tubulação.

A análise foi feita utilizando analogia de movimento de pêndulos múltiplos com uma coluna de hastes de bombeio, onde cada pêndulo representa uma haste.

II. MÉTODOS

O trabalho foi realizado em três partes: Um procedimento experimental montado em bancada e duas análises numéricas, uma de um poço de bombeio mecânico vertical com o mesmo número de hastes do procedimento experimental e outra simulação numérica do próprio procedimento experimental para comparação dos resultados.

2.1 - Procedimento experimental

O procedimento consiste em um experimento que simula os movimentos das hastes de bombeio mecânico no interior da tubulação de produção, pois esses movimentos transversais são análogos a movimentos de pêndulos múltiplos.

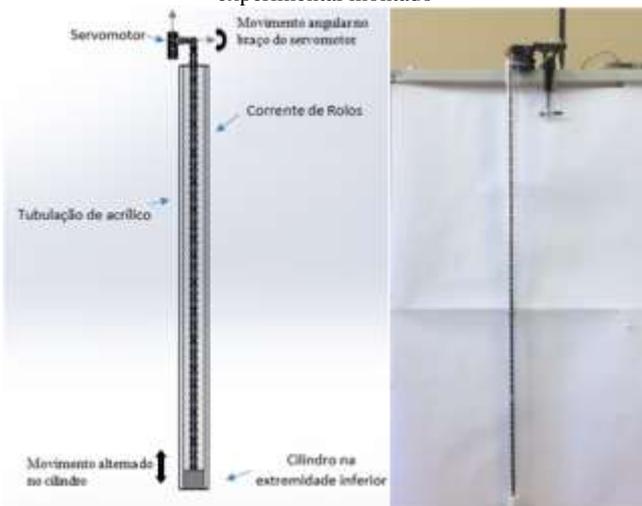
Uma corrente de rolos foi utilizada como pêndulos múltiplos em série e simulam as hastes de bombeio que são acopladas uma a uma verticalmente, cada elo representa uma haste de bombeio. Na extremidade inferior da haste acoplamos um cilindro de isopor com pequena folga na parede de acrílico para representar a bomba de fundo. A pequena folga contribui para o atrito entre o cilindro e a tubulação de acrílico. O atrito gerado influencia na deflexão da corrente. Utilizou-se o *software* LABVIEW para processar as imagens em tempo real e encontrar as coordenadas dos elos da corrente.

A programação de movimento da coluna foi realizada no *software* do Arduíno com o ângulo e velocidade que o braço do servomotor deve ter para o deslocamento requerido.

O movimento do braço do servomotor realizou o movimento alternado da coluna de bombeio mecânico.

A figura 1 representa o esquema do procedimento e o procedimento montado na bancada do laboratório.

Figura 1 – Esquema do procedimento operacional e procedimento experimental montado



Fonte: Autor (2018).

O braço do servomotor foi posicionado inicialmente na posição zero no comprimento horizontal do servo. Primeiro ele girou no sentido horário 33,5 graus e depois no sentido anti-horário mais 67 graus, no terceiro movimento girou no sentido horário mais 67 graus, repetindo o movimento de 67 graus no sentido horário e anti-horário alternadamente

O ângulo de 67 graus foi inserido com base no ângulo que viga da unidade de bombeio C-228D-213-86, do catálogo da LUFKIN® nas referências desse trabalho, realiza para esse modelo de UB.

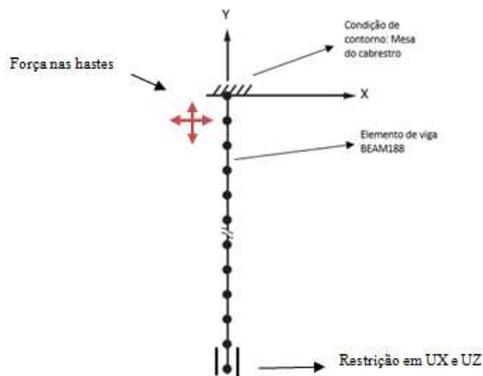
O método utilizado está limitado a poços verticais e com 100 hastes de bombeio, a aplicação deste modelo apresenta limitações para poços com maiores profundidades devido ao tamanho da corrente de rolos e para ser utilizado em poços direcionais é preciso acrescentar centralizadores para evitar o contato da corrente com a tubulação de acrílico.

Depois de montar o procedimento experimental também realizamos uma simulação numérica de um poço vertical com o mesmo número de hastes para comparar os resultados.

2.2 - Análise Numérica

A análise numérica é utilizada para obter os parâmetros modais da coluna de hastes com objetivo de comparar os resultados do procedimento experimental com a corrente de rolos e um poço vertical com o mesmo número de hastes. O *software* ANSYS Mechanical APDL 16 é utilizado. Para a malha utiliza-se o elemento de viga BEAM188, conforme apresenta-se na figura 2. O modelo é construído para 100 hastes, cada elemento representa uma haste com 7,62 metros de comprimento e seção transversal circular com diâmetro de 7/8 polegadas. As hastes estão presas a mesa do cabresto representada no engaste.

Figura 2 – Esquema utilizado para a análise numérica pelo método de elementos finitos



Fonte: Autor (2018)

Foram selecionados 4 nós como no experimento distribuídos ao longo da profundidade do poço. O ponto 1 situado na 23ª haste, o ponto 2 na 46ª, o ponto 3 na 60ª e o ponto 4 na 83ª, também selecionados próximos aos pontos escolhidos no experimental, mas no experimental a distribuição foi limitada devido a amplitude de captura da câmera que não permitia pontos próximos das extremidades. As forças nas hastes aplicadas no segundo nó foram calculadas baseadas nas normas API Spec 11B e 11E mostradas no próximo item.

2.2.1 - Cálculo das componentes horizontais e verticais da força

Comparando com o movimento do experimento a força na coluna de hastes foi calculada considerando as componentes na horizontal e na vertical. A componente vertical foi calculada pela força F onde $F_y = F$. E a componente horizontal F_x foi calculada por $F_x = F_y \cdot \tan\varphi$. Onde φ é o ângulo entre a viga principal e o eixo X. A divisão da força em componentes foi utilizada para aproximar as forças aplicadas no servomotor.

Com os dados do motor trifásico, assíncrono de rotor bobinado de 20HP (14914 Watts) com 8 pólos e categoria D, foi possível calcular o seu torque, depois encontramos o torque na UB, e com os parâmetros da unidade de bombeio C-228-213-86, disponíveis na API spec 11B e 11E, encontramos as forças em y, para vários ângulos, em seguida a força em x.

As forças aplicadas na simulação foram repetidas em cinco ciclos e foi realizada uma análise transiente em aproximadamente 26 segundos.

2.3 - Análise numérica do procedimento experimental

Para comparar os resultados uma simulação numérica do procedimento experimental também foi realizada considerando os dados geométricos e físicos da corrente de rolos e as componentes das forças horizontal e vertical aplicada pelo servomotor.

A força resultante foi calculada a partir do torque do servomotor de 0,9414 N m, o braço do servomotor é de 17 mm, como torque é força vezes distância então a força encontrada foi de 55,3765 N, como mostrada na equação (1).

$$T = F \cdot d \rightarrow F = 55,3765 \text{ N} \quad (1)$$

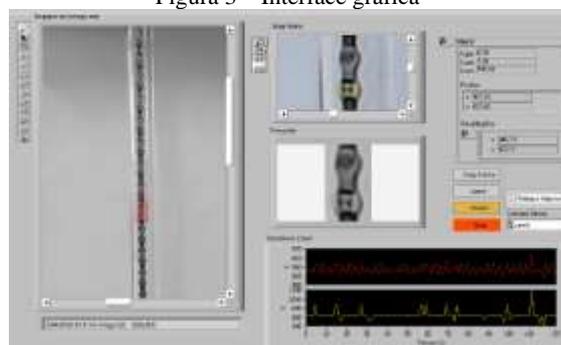
E decompondo a força em x e y, temos $F_x = F \cos\varphi$ e $F_y = F \sin\varphi$. Os resultados de F_x e F_y são aplicados ao servomotor. Na simulação a força foi aplicada em 3 ciclos em uma análise transiente totalizando 5,575 segundos.

III. RESULTADOS

3.1 - Resultados do procedimento experimental

Na figura 3 observa-se o resultado do programa para o marcador 1. No lado esquerdo da figura 3 está a imagem em tempo real, o elo selecionado possui no centro do retângulo vermelho as coordenadas apresentadas no gráfico situado no canto inferior direito da figura 3. Os dados dos gráficos foram exportados para uma tabela e excluídos os valores incoerentes. Os valores incoerentes são pontos em que as coordenadas estavam totalmente fora da área da imagem em que a corrente se movimenta.

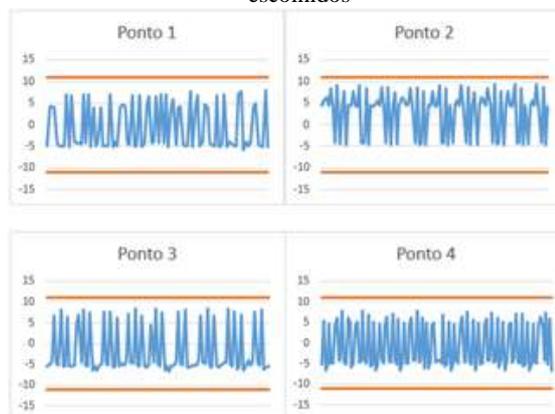
Figura 3 – Interface gráfica



Fonte: LABVIEW (2018).

Observa-se nos gráficos que os deslocamentos transversais seguem um movimentado alternado em função do movimento repetitivo do servomotor. Os pontos variaram até 6,22 milímetros, adicionando a largura de cada elo calcula-se que o ponto 2 teve a variação máxima de 9,38mm. Como o raio da tubulação de produção é 11 mm, o ponto 2 foi o mais próximo da parede da tubulação durante o movimento. Na figura 4 apresentam-se os resultados da variação da coordenada x dos elos escolhidos em comparação com o diâmetro da tubulação.

Figura 4 – Deslocamentos em milímetros dos quatro elos escolhidos



Fonte: Autor (2018).

A linha azul na figura 4 mostra o deslocamento do ponto e a linha vermelha mostra o diâmetro da tubulação de acrílico.

Com o centro do elo como origem o ponto 1 teve uma variação de -5,7 mm a 7,8mm, o ponto 2 variou de -4,8 a

9,4mm, o ponto 3 de -6,6 mm a 8,5mm e o ponto 4 entre -6,69 mm e 7,82mm.

Observa-se que o ponto 2 é o mais próximo da tubulação de acrílico, porém nenhum dos pontos encostaram na tubulação.

A seleção dos pontos foi realizada pela distribuição proporcional ao longo do comprimento da corrente de bicicleta e também considerando a amplitude de captura da imagem na *webcam* e portanto não foram selecionados pontos nas extremidades, com a seleção de pontos distribuídos ao longo da corrente foi possível analisar qual a região na coluna de hastes está mais suscetível a encostar na tubulação de produção em poços verticais.

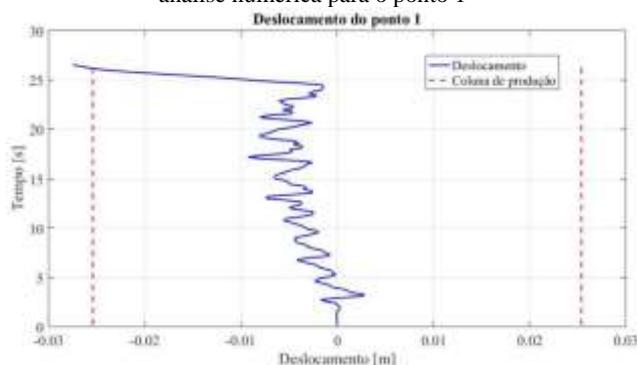
Mostra-se com os resultados que poços verticais que estejam operando normalmente sem a influência de fatores externos, como atrito, presença de areia, ou desalinhamento da unidade de bombeio, a coluna de hastes não encosta na tubulação de produção. E a falha por haste partida não deve ser originada pelos choques entre essas duas superfícies. Mas caso o poço apresente alguns desses outros fatores externos, a falha pode acontecer, pois mostra-se nos resultados que em uma operação normal a coluna hastes fica muito próxima da parede interna da tubulação, e qualquer outro fator pode contribuir e aumentar o deslocamento transversal.

3.2 - Resultados do procedimento experimental

Mostra-se na figura 5 a deformação de uma análise transiente na coluna de hastes após 7 ciclos de esforços repetitivos da unidade bombeio considerando a força alternada aplicada pela unidade de bombeio na coluna de hastes em um tempo de 26,5 segundos. Pela figura 5 observa-se em azul a coluna de hastes deformada, e que a região com maior deslocamento fica mais próxima da superfície do poço.

Em seguida apresenta-se na figura 5 o resultado de deslocamento em função do tempo para um ponto, como no experimental. Foram selecionadas 4 hastes distribuídas ao longo da profundidade do poço, o ponto 1 situado na 23ª haste, o ponto 2 na 46ª, o ponto 3 na 60ª e o ponto 4 na 83ª, baseando-se também no experimental e na profundidade do poço para analisar o comportamento em cada região.

Figura 5 – Deslocamentos na direção x dos quatro pontos para a análise numérica para o ponto 1



Fonte: ANSYS (2018)

Na figura 5, observa-se que o ponto 1 se desloca menos que 10 milímetros em 25 segundos, no final do ciclo é possível observar na figura 5 que após 25 segundos possui um deslocamento máximo de aproximadamente 28 mm ultrapassando a linha tracejada vermelha que representa as paredes da coluna de produção. O diâmetro da tubulação é de

73,025 mm, e entre a haste e a parede da tubulação tem 25,4 mm.

E como nos gráficos dos outros pontos o deslocamento do ponto 4 é de 5,7 mm, e como os pontos 2 e 3 também ficaram distante da parede da coluna de produção. O experimento e a simulação numérica de um poço com 100 hastes são diferentes, são semelhantes na aplicação da força e dinâmica do movimento, mas a amplitude da força entre os dois não são proporcionais para comparar os resultados. O experimento contribuiu para observar a aplicação da carga e estudá-la na simulação.

3.3 - Resultados da análise numérica do experimento

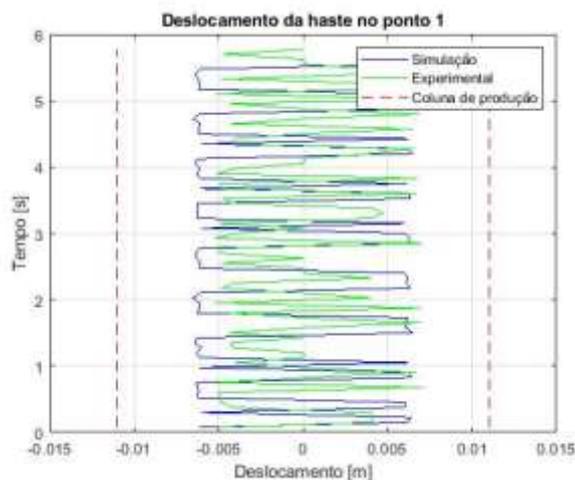
A análise numérica transiente após 3 ciclos de esforços repetitivos pela força alternada aplicada através servomotor em um tempo de 5,575 segundos foi desenvolvida.

No experimento obtêm-se os deslocamentos dos elos da corrente, os pontos selecionados foram os mesmo do procedimento e na figura 9 encontram-se os deslocamentos do ponto 1 em função do tempo em comparação aos deslocamentos do mesmo ponto no experimento.

Nas figuras 6, 7, 8 e 9 observa-se que no experimental, linha verde, os elos da corrente deslocaram uns milímetros a mais para direita que pode ocorrer devido à descentralização da corrente e/ou a força de atrito contrária ao movimento entre a extremidade da corrente e a parede interna da tubulação de acrílico que não apresentava uma superfície uniforme.

A linha azul das figuras 6, 7, 8 e 9 são os deslocamento dos pontos 1, 2, 3 e 4 respectivamente selecionados na simulação, e a linha tracejada vermelha são as paredes internas da tubulação de acrílico que representa a coluna de produção.

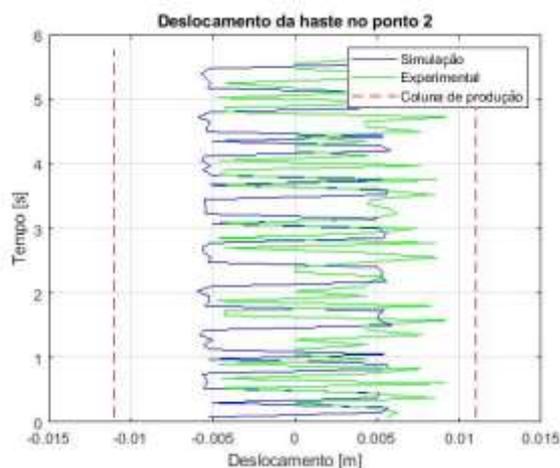
Figura 6 – Resultados de deslocamento na direção X (simulação numérica) e experimental para o ponto 1



Fonte: Autor (2019).

Na figura 7, o ponto 2 analisado no experimento quanto na simulação, percebe-se que não há toque na parede da tubulação, porém no experimental os pontos são mais deslocados para mais para a direita.

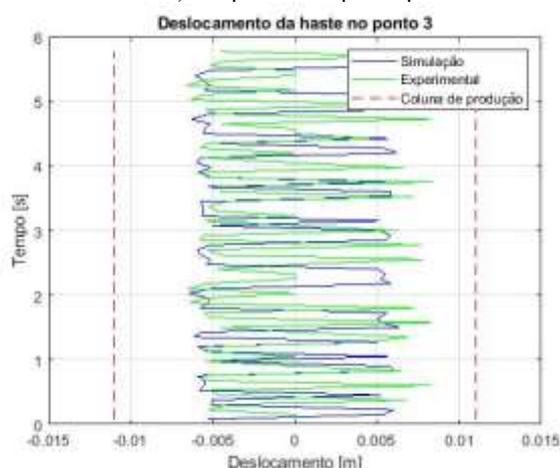
Figura 7 – Resultados de deslocamento na direção X (simulação numérica) e experimental para o ponto 2



Fonte: Autor (2019).

Na figura 8, o ponto 3 é mais deslocado para a direita e a curva da simulação é mais uniforme, pois não considera a força de atrito e descentralização da corrente.

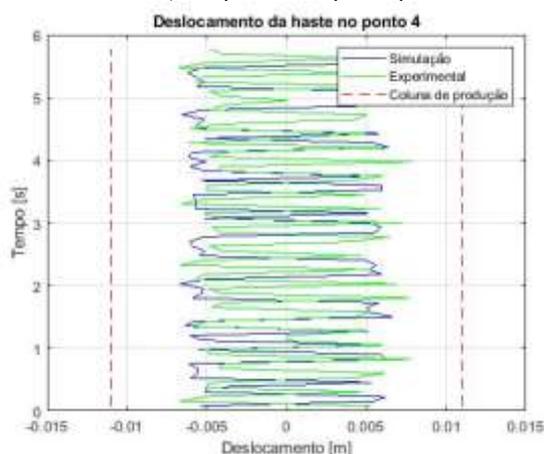
Figura 8 – Resultados de deslocamento na direção X (simulação numérica) e experimental para o ponto 3



Fonte: Autor (2019).

Na figura 9 os deslocamentos do ponto 4 foram mais uniformes em comparação com os outros pontos, e também não apresentou contato com a tubulação de acrílico.

Figura 9 – Resultados de deslocamento na direção X (simulação numérica) e experimental para o ponto 4



Fonte: Autor (2019).

O estudo está separado em duas etapas: uma simulação numérica de um poço de petróleo com elevação por bombeio mecânico, que agregou ao trabalho o estudo de cargas e dinâmica da coluna de hastes, e o procedimento experimental realizando uma analogia entre a coluna de hastes e o movimento de pendulos múltiplos em série.

A comparação entre o experimental e a simulação numérica do experimento contribuiu para comparar os resultados com aplicação de cargas e geometrias semelhantes, porém é preciso considerar a fatores externos como descentralização da haste, presença de areia e outros para comparar com a dinâmica de uma coluna de hastes em um poço de petróleo.

IV. CONCLUSÃO

O procedimento experimental foi baseado em um poço vertical com 100 hastes, o movimento alternado foi calculado baseado em dados de uma unidade de bombeio. Nos resultados do procedimento experimental foi possível observar que para um funcionamento adequado as hastes nos pontos analisados não realizam contato com a tubulação. Nos resultados da simulação numérica ocorre o contato.

No experimental o ponto 2 foi o mais próximo da haste e está localizado no 16º elo, indicando que possivelmente a região próxima ao ponto é a mais susceptível a um contato entre a tubulação e a haste.

Na simulação numérica o ponto 1 localizado na 23ª haste teve um deslocamento maior, indicando o contato entre as duas superfícies. O ponto 2 localizado na 46ª haste também ficou próximo da haste, mas não encostou na tubulação. Para o procedimento foram excluídos alguns valores incoerentes, pois o programa rastreia o objeto pela intensidade luminosa, como não foi possível montar a bancada em um fundo totalmente branco, o programa captava alguns pontos errados que foram excluídos da análise por apresentarem coordenadas totalmente fora da área da corrente.

É importante salientar que em poços direcionais o contato é mais susceptível de acontecer, porém esses tipos de poços possuem centralizadores para evitar essa ocorrência e esses elementos não foram analisados no experimento.

Outros fatores também podem contribuir para o contato entre haste e tubulação: flambagem da haste, o atrito entre a bomba e a tubulação de produção, descentralização da haste: Se a haste não estiver centralizada na tubulação de produção durante o movimento, o contato pode ocorrer. Esses fatores também não foram inseridos no experimento e influenciam no resultado, devendo ser considerados em trabalhos futuros.

A comparação da simulação numérica do experimento mostra que é possível realizar a simulação da dinâmica de um poço, porém é preciso acrescentar a influência de alguns fatores externos; O experimento e a simulação contribuíram para estudar a dinâmica do movimento e o comportamento das hastes como pendulo múltiplo utilizando uma corrente de rolos.

V. REFERÊNCIAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, API SPEC 11B: Specification for Sucker Rods, Polished Rods and Liners, Couplings, Sinker Bars, Polished Rod Clamps, Stuffing Boxes, and Pumping Tees 27 ed. Washington, Estados Unidos: **API Publishing Services**. 2010

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, API SPEC 11E: Specification for Pumping Units Tees 27 ed. Washington, Estados Unidos: **API Publishing Services**. 2013.

FITRIANTI, A. HAYONO. Analysis of damage Rod String Components In Rod Pump In The Field Ss. **Journal of Earth Energy Engineering**. JIEEE Vol. 7. No1. 2018.

LUFKIN OILFIELD PRODUCTS GROUP, **Pumping Unit**. 2011.

RODRIGUES, M. C. CAVALCANTI, J. H. F. **Análise Harmônica de Pêndulos Simples para Estudo da Dinâmica de uma Coluna de Hastes de Bombeio BCP**. Belo Horizonte. Artigo. XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica. 2011.

SANTOS, A. O. **Estudo da Resistência a Corrosão em Aço e Revestimentos Visando Aplicação em Hastes de Bombeio de Petróleo**. Aracaju. Dissertação de Mestrado da Universidade Tiradentes. 2008.

TAKÁCS, Gabor. **Sucker-Rod Pumping Manual**. Tulsa, Oklahoma, Estados Unidos: Pennwell Corporation. 2003

THOMAS, José E. *et al.* **Fundamentos da Engenharia de Petróleo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência. 2004

XIURONG, S. SHIMIN, D. MAOSEN, L. JUNJIE Z. The simulation model of suckerrod string transverse vibration under the space buckling deformation excitation and rod tubing eccentric wear in vertical wells. JVE International LTD. **Journal Of Vibroengineering**. P 283-299. 2018

VI. COPYRIGHT

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

Submetido em: 26/11/2019

Aprovado em: 27/01/2020



ESTUDO RETROSPECTIVO DAS PRINCIPAIS ENFERMIDADES NA BOVINOCULTURA LEITEIRA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 2014-2018

RETROSPECTIVE STUDY OF THE MAIN DAIRY CATTLE DISEASES IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL IN THE PERIOD 2014-2018

BRUNA MURADÁS ESPERON¹; ANDRESSA STEIN MAFFI¹; ANTÔNIO AMARAL BARBOSA¹; EDUARDO SCHMITT¹

1 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS (UFPEL)

bruna_esperon@yahoo.com.br

Resumo - Este estudo teve como objetivo determinar a prevalência das enfermidades encontradas na rotina clínica da bovinocultura leiteira em diversas microrregiões do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 2014 a 2018. Ao longo desse período foram relatados 3.816 casos clínicos atendidos. As doenças reprodutivas foram as mais frequentes (22,19%), seguidas de doenças parasitárias (20,96%) e doenças da glândula mamária (16,79%). As afecções mais presentes foram tristeza parasitária bovina (20,20%), mastite (15,56%), metrite (10,08%), pneumonia (9,40%), retenção de placenta (6,73%) e diarreia neonatal (4,87%). Assim, o conhecimento das principais enfermidades que acometem a bovinocultura leiteira é relevante, pois possibilita a adesão de estratégias para prevenção e tratamento, reduzindo gastos indesejáveis na produção.

Palavras-chave: Afecções. Bovinos. Prevalência.

Abstract: This study aimed to determine the prevalence of diseases found in the clinical routine of dairy cattle in several location of the state of Rio Grande do Sul, from 2014 to 2018. Over this period, 3,816 clinical cases were reported. Reproductive diseases were the most frequent (22.19%), followed by parasitic diseases (20.96%) and mammary gland diseases (16.79%). The most common conditions were tick fever (20.20%), mastitis (15.56%), metritis (10.08%), pneumonia (9.40%), placental retention (6.73%) and diarrhea neonatal (4.87%). Thus, knowledge of the main diseases that affect dairy cattle is relevant, as it enables the adherence of strategies for prevention and treatment, reducing undesirable expenses in production.

Keywords: Affections. Cattle. Prevalence.

I. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC), o Brasil apresenta o maior rebanho de bovinos mundial, com cerca de 222 milhões de cabeças no ano de 2018 (ABIEC, 2018), sendo que aproximadamente 20 milhões do rebanho bovino é composto por vacas leiteiras (CONAB, 2016). Em 2014, a produção leiteira foi de 35,17 bilhões de litros, caracterizando o País como 4º maior produtor de leite mundial, e desde então, a região Sul do País destaca-se com o maior volume de leite País (EMBRAPA, 2018).

A produtividade nacional leiteira é marcada por uma grande diversidade estrutural tanto nos sistemas de produção

como na alimentação do rebanho quanto na qualidade do leite (JUNIOR & JUNG, 2017). Além disso, ultimamente, esse aumento na produção de leite vem acompanhado de uma redução no número de animais em produção, o que indica uma melhora na produtividade do rebanho (EMBRAPA, 2018) através, provavelmente, de um investimento por parte dos produtores em genética e tecnologia (CORASSIN *et al.*, 2011; NETO *et al.*, 2011). No entanto, apesar da evolução observada dentro dos sistemas de produção leiteira, ainda são grandes as perdas em decorrência de enfermidades.

A intensa seleção genética realizada no decorrer dos anos trouxe como consequência uma elevação das necessidades nutricionais desses animais e um menor desempenho reprodutivo, além de quadros de disfunção imune. A utilização de altos níveis de dietas concentradas em busca de uma maximização do potencial produtivo da vaca predispõe os animais a ocorrência de transtornos nutricionais e metabólicos (MOREIRA *et al.*, 2009). Além disso, essa maior produção leiteira requer altos níveis de minerais como por exemplo o cálcio, elevando a ocorrência de enfermidades como a hipocalcemia, gerando reflexos no sistema imunológico (ALBANI & SILVA, 2017).

Ao longo dos anos, estudos demonstram uma grande prevalência de doenças parasitárias, reprodutivas e metabólicas, além das enfermidades relacionadas à glândula mamária, sendo essas as principais causadoras de prejuízos dentro dos sistemas produtivos (ACOSTA *et al.*, 2015). O período de maior ocorrência de grande parte destas enfermidades ocorre no peri-parto, momento em que os animais são expostos a diversos desafios, tornando-se mais susceptíveis a incidência de doenças. Neste sentido, estudos demonstram que aproximadamente 75% das enfermidades em vacas leiteiras ocorrem no primeiro mês após o parto (LEBLANC *et al.*, 2006).

Em vista disto, o conhecimento sobre a prevalência das diversas doenças que afetam o rebanho bovino de uma região é extremamente importante, pois possibilita a identificação dos pontos críticos de bem-estar animal. Sendo assim, uma vez registrada a prevalência das principais enfermidades e conhecendo seus fatores de risco é possível a adoção de ações preventivas para o controle das doenças

que mais ocorrem naquela região (BOND *et al.*, 2012). Fato esse de grande importância, visto que a pecuária leiteira moderna e rentável está embasada em três pilares fundamentais: sanidade animal, nutrição e reprodução. Caso exista um desequilíbrio entre estes, dificilmente, o produtor terá um retorno econômico viável (ARTMANN *et al.*, 2014).

Com isso, o objetivo desse estudo foi realizar um levantamento da ocorrência de enfermidades diagnosticadas no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2014-2018.

II. METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram coletados dados retrospectivos de atendimentos clínicos realizados por Médicos Veterinários e acompanhados por alunos do curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), durante estágios curriculares supervisionados. Os dados selecionados foram oriundos de estágios realizados na área de clínica Médica de bovinos leiteiros, em diversas microrregiões do Estado do Rio Grande do Sul, como a de Caxias do Sul, Erechim, Frederico Westphalen, Guaporé, Lajeado-Estrela, Litoral Lagunar, Passo Fundo e Pelotas, durante o período de 2014 a 2018.

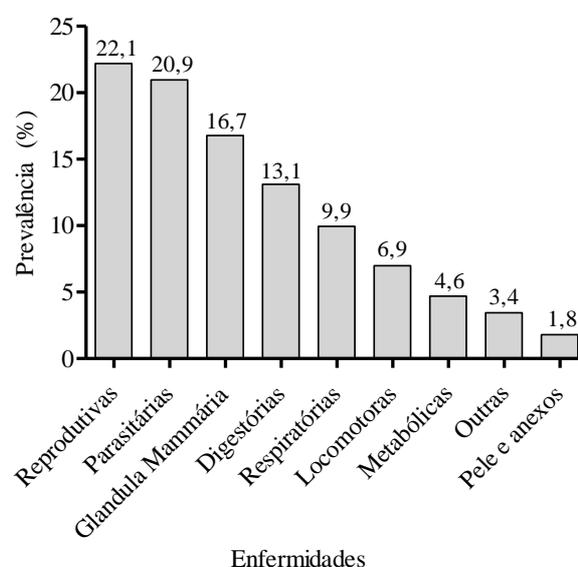
O diagnóstico foi realizado através de anamnese e exame clínico e as enfermidades foram quantificadas anualmente totalizando 3.816 casos clínicos atendidos em bovinos leiteiros, descritos por vinte e cinco alunos. As afecções foram classificadas do seguinte modo: A- Transtornos reprodutivos (aborto, cesariana, endometrite, parto distócico, metrite, retenção de placenta); B- Doenças Parasitárias (ectoparasitoses, endoparasitoses, filarioses, tristeza parasitária bovina); C- Transtornos da glândula mamária (mastite, edema de úbere); D- Transtornos digestivos (diarreia, deslocamento de abomaso, retículo pericardite traumática, enterite); E- Transtornos respiratórios (pneumonia, broncopneumonia); F- Transtornos do Sistema locomotor (laminite, úlcera de sola; doença da linha branca); G- Transtornos metabólicos (acidose, cetose, hipocalcemia, indigestão simples, síndrome da vaca caída); H- outros transtornos (intoxicações, picada de cobra, ceratoconjuntivite); I- transtornos da pele e anexo (abscesso, papilomatose, mifase, dermatofitose, dermatofitose).

Os dados foram organizados em uma planilha Microsoft Excel®, sendo divididos por ano e sistemas. Posteriormente, foi realizada uma análise descritiva sendo apresentado a prevalência dos sistemas mais acometidos, das doenças de maior ocorrência em relação ao sistema acometido e das doenças de maior ocorrência em relação a todas as enfermidades diagnosticadas.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os dados coletados, no período de 2014 a 2018 foram atendidos 3.816 bovinos, sendo observado que as doenças do sistema reprodutivo foram as mais frequentes (20,7%), seguido de doenças parasitárias (19,6%) e doenças que acometem a glândula mamária (16,79%), totalizando 57,09% do total de casos (Figura 1).

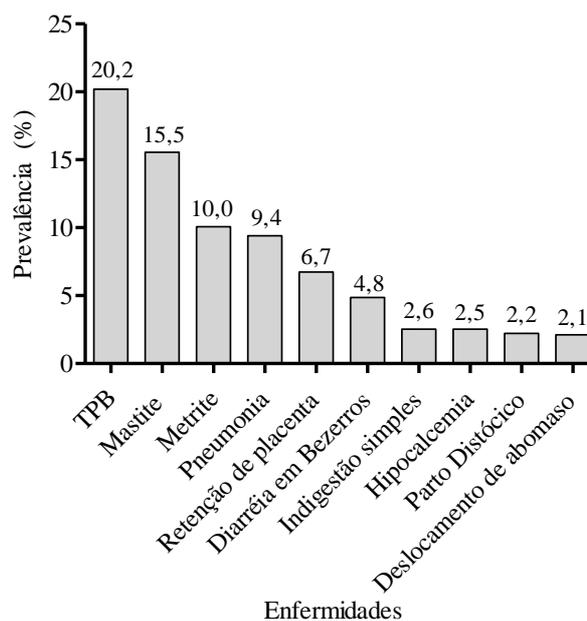
Figura 1- Prevalência de enfermidades apresentadas por cada sistema, durante o período de 2014 a 2018 no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Próprios autores, 2019.

Também foi observado que as enfermidades de maior ocorrência em relação ao total de doenças diagnosticadas foram tristeza parasitária bovina (20,20%), mastite (15,56%), metrite (10,08%), pneumonia (9,40%), retenção de placenta (6,73%) e diarreia em bezerras (4,87%), (Figura 2).

Figura 2- Enfermidades de maior prevalência no período de 2014 a 2018, no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Próprios autores, 2019.

Sendo que essas sete doenças representam aproximadamente 70% de todos os casos atendidos nesse período.

Ao comparar a prevalência de enfermidades de nosso estudo com o trabalho de Acosta *et al.* (2015), o qual também avaliou de forma retrospectiva os casos clínicos ocorridos, podemos observar que mesmo após mais de uma década, as doenças parasitárias (22%), da glândula mamária

(18%) e reprodutivas (17%) permanecem em destaque. Já comparando os resultados com os achados encontrados por Sprenger *et al.* (2015), o presente estudo demonstra grandes diferenças, visto que o referido trabalho foi executado no Paraná, sendo a maior parte dos casos necropsias com maior número de casos de tuberculose (8,23%), raiva (7,30%) e tristeza parasitária bovina (6,68%). Portanto é de grande valia entender as características epidemiológicas de cada região, assim como taxas de mortalidade e morbidade para que seja possível compreender os maiores desafios no que tange as enfermidades, sendo possível com isso controlar e evitar a ocorrência e os prejuízos por elas causados nesses locais.

As doenças que acometem o sistema reprodutivo corresponderam a 20,7% dos casos, sendo que destas, 45,4% foram referentes a metrite e 30,3% a retenção de placenta. A metrite puerperal aguda é considerada a mais grave alteração nas vacas leiteiras, pois detém repercussões metabólicas, hormonais, imunológicas, elevando o intervalo parto-concepção e ainda está associada com a retenção de placenta e complicações obstétricas, gerando consequências como animais de baixa condição de escore corporal (FREIRE *et al.*, 2015). As perdas econômicas ocorrem de forma indireta, onde alguns autores descrevem a redução na produção de 266 litros até o dia 119 de lactação, além de aumento de 7% nas taxas de descarte e com reflexão direta na redução da vida útil da vaca. Estudos relatam que essa enfermidade pode ser encontrada em 50% a 90% das vacas leiteiras durante as duas primeiras semanas pós-parto (GONÇALVES, 2019).

A retenção de placenta é caracterizada pela ocorrência de uma falha na expulsão das membranas fetais nas primeiras doze horas após a expulsão do feto. Esta pode ocorrer devido a predisposição genética, escore de condição corporal alto ou baixo, alterações hormonais e metabólicas (CARVALHO *et al.*, 2018). Percentualmente os prejuízos da RP podem ser divididos em 40% em perdas na produção de leite, 32% com honorários veterinários, 19% com descarte e 9% com perdas reprodutivas (JOOSTEN *et al.*, 1988). Sendo que segundo Joosten *et al.* (1998), um rebanho com 6,6% de RP há um gasto anual de 725 dólares, ou seja, uma perda de 110 dólares por animal. Já Kimura *et al.* (2002), estimaram o custo de 285 dólares para cada caso de retenção. Há relatos de ocorrência de retenção de placenta em vários países incluindo os Estados Unidos com 7,8% dos animais e Coréia com 18,3%, por exemplo. Já no presente trabalho foram encontrados índices semelhantes aos de Drillich *et al.* (2006), onde encontrou e 27,8%, em estudo feito na Alemanha. Os principais fatores para ocorrência dessas enfermidades reprodutivas (metrite e retenção de placenta) no Estado estão relacionados à falhas no manejo pré-parto como a não divisão dos animais por categorias em primíparas e multíparas, além da falta de bem estar dos animais como ausência de sombreamento e oferta de água de qualidade (SOUZA, 2017; CARVALHO *et al.*, 2018). Também está associado a não oferta de uma dieta balanceada nesse período com níveis de vitamina E (TUCHO, 2017) e Selênio e protocolos que visem a manutenção dos níveis de cálcio adequado (DIAS *et al.*, 2010).

A enfermidade parasitária de maior ocorrência nesse estudo foi o complexo tristeza parasitária bovina (TPB) que representou 96,3% do total de ocorrências dentro do sistema. Essa compreende duas enfermidades: a babesiose

causada pelos protozoários *Babesia bovis* e *Babesia bigemina* e a anaplasmose causada pela rickettsia *Anaplasma marginale* (GONÇALVES *et al.*, 2011) responsáveis por graves perdas econômicas em vista que interfere no desenvolvimento dos ruminantes devido às altas taxas de morbidade e mortalidade em áreas instáveis; além de reduzir a produção de carne e de leite e gerar infertilidade temporária e gastos com tratamentos. Estudos demonstram uma prevalência de 20 a 75% de tristeza parasitária bovina em animais acima de nove meses de idade e localizados em áreas de instabilidade enzoótica, o Rio Grande do Sul (ALMEIDA *et al.*, 2006). Isso ocorre devido o inverno possuir baixas temperaturas e geadas frequentes acarretando a morte da maioria das larvas dos carrapatos, reduzindo a infestação no gado; e devido aos verões secos e quentes dificultarem o desenvolvimento dos agentes. Bezerros nascidos nesta região não são expostos ao vetor ou aos agentes de tristeza parasitária bovina, resultando em animais sem anticorpos, resultando em surtos de TPB (SILVA *et al.*, 2015).

Em um estudo realizado com 6.706 materias de necropsia provenientes de bovinos, no período de Janeiro de 1964 a dezembro de 2008, pela Universidade Federal de Santa Maria, 6,3% das amostras foram diagnosticados com tristeza parasitária bovina, sendo a principal doença parasitária, com uma média prevalência (LUCENA *et al.*, 2010), todavia é importante salientar que tal trabalho avaliou animais mortos, fato esse que demonstra que, apesar de deter alta morbidade, a letalidade não configura-se com tanta representatividade. No entanto, Cruz *et al.* (2011), durante seu estudo realizado no estado em um período de 2000 a 2009, pode observar maior prevalência da anaplasmose (29,8%) sendo uma das principais causas de morte na bovinocultura leiteira, principalmente quando o controle de carrapatos se baseava na aplicação de inseticida por equipamentos manuais. Após a introdução de banho de imersão nas estratégias de controle, a prevalência dessa enfermidade foi reduzida. A partir de 2009, surtos de anaplasmose foram atribuídos à infestação de mosca hematófaga e diminuição da imunidade dos rebanhos associada a longos períodos sem infestação de carrapatos relacionada à condições climáticas e/ou de gestão (CRUZ *et al.*, 2011).

As enfermidades que acometem a glândula mamária representaram 15,7% dos casos, tendo ênfase a mastite que representou 92,6% total de ocorrências nesse sistema. Essa é uma enfermidade multifatorial, caracterizada por uma inflamação na glândula mamária e ocasionada principalmente por agentes infecciosos como bactérias do gênero *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Escherichia coli*, *Corynebacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Pseudomonas* spp, fungos e vírus. A manifestação da mastite é dependente de uma interação entre as condições ambientais, os microrganismos causadores da doença e a ocorrência coordenada das respostas imunes inatas e adquiridas (CANNING *et al.*, 2017). Segundo Lopes *et al.* (2012), o impacto econômico anual da mastite pode variar de 70 a 270 mil reais para frequências médias anuais de 1,7 e 15%, respectivamente, em propriedades leiteiras com 100 animais lactantes. O custo por vaca em lactação variou de R\$ 727,85 à R\$ 2.774,11 e de R\$ 0,1090 à R\$ 0,5985/kg de leite, para frequências médias anuais de 1 e 15% de mastite clínica. Todavia o território nacional possui uma taxa de prevalência variável, em torno de 6,6 a 74,2% (CUNHA *et*

al., 2015), devido a sua ampla diversidade na cadeia produtiva do leite, variando também, os gastos referentes a essa enfermidade (JUNIOR & JUNG, 2017).

A ocorrência dessa enfermidade no Estado está relacionada com a ampla diversidade estrutural nos sistemas de produção, ordenha incompleta, procedimentos inadequados de ordenha, fornecimento de leite de descarte para bezerras, falta de tratamento de vaca seca, má higiene do ambiente das vacas e qualidade precária da água utilizada nas propriedades rurais (CUNHA *et al.*, 2015).

A partir desse estudo e dos acompanhamentos realizados entre os anos e 2005-2013 (ACOSTA *et al.*, 2015), podemos observar que prevaleceu a ocorrência das mesmas enfermidades no rebanho, indicando aos Médicos Veterinários e também produtores a necessidade da adoção de estratégias que busquem prevenir essas enfermidades e com isso reduzir os prejuízos oriundos ao sistema.

IV. CONCLUSÃO

As doenças reprodutivas, parasitárias e as que envolvem a glândula mamária são as que ocorrem com maior frequência no estado do Rio Grande do Sul, sendo a TPB, mastite e metrite responsáveis por mais da metade dos casos diagnosticados.

V. REFERÊNCIAS

ABIEC. Considerações sobre as diferenças entre as estatísticas do sumário ABIEC e os dados preliminares do censo. 2018.

ACOSTA, D. A. V.; MAFFI, A. S.; ROSSI, M.; SCHIMITT, E.; SCHNEIDER, A.; SCHWEGLER, E.; RABASSA, V. R.; DEL PINO, F. A. B.; CORRÊA, M. N. Alterações clínicas em bovinos leiteiros no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista SODEBRAS [on line]**, v. 10, n. 118, Out./2015, p. 70-72. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N118.pdf>>. Acesso em 12 nov. 2019.

ALBANI, K. & SILVA, A. Dieta com restrição de cálcio ou aniônica em vacas leiteiras no pré-parto. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 20, n. 2, p. 93-99, 2017.

ALMEIDA, M. B. d.; TORTELLI, F. P.; RIET-CORREA, B.; FERREIRA, J. L. M. *et al.* Tristeza parasitária bovina na região sul do Rio Grande do Sul: estudo retrospectivo de 1978-2005. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 237-242, 2006.

ARTMANN, T. A.; TOMA, H. S.; PINHEIRO, J. N.; ROMERO, J.; CARVALHO, A. M.; MONTEIRO TOMA, C. D. Eficiência produtiva brasileira e sua associação ao melhoramento genético animal. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 22, p. 1-16, 2014.

BOND, G. B.; DE ALMEIDA, R.; OSTRENSKY, A.; MOLENTO, C. F. M. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1286-1293, 2012.

CANNING, P.; HASSFURTHER, R.; TERHUNE, T.; ROGERS, K.; ABOOT, S.; KOLB, D. Efficacy and clinical safety of pegbovigrastim for preventing naturally occurring clinical mastitis in periparturient primiparous and multiparous cows on US commercial dairies. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 8, p. 6504-6515, 2017.

CARVALHO, A. F. S.; CASTRO, J. P.; CASTRO, G. A. C. Relação do escore de condição corporal sob a incidência de retenção de placenta e cetose em bovinos de leite. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 3, p. 1-7, 2018.

CONAB. Pecuária Leiteira: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos de 2014 a 2017. Brasília. 1 2016.

CORASSIN, C. H.; MACHADO, P. F.; COLDEBELLA, A.; CASSOLI, L. D.; SORIANO, S. Importância das desordens do periparto e seus fatores de risco sobre a produção de leite de vacas Holandesas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1101-1110, 2011.

CRUZ, C. E. F.; RAYMUNDO, D. L.; CERVA, C.; PAVARINI, S. P.; DALTO, A. G. C.; CORBELLINI, L. G.; DRIEMEIE, D.. Records of performance and sanitary status from a dairy cattle herd in southern Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 01-09, 2011.

CUNHA, A. F.; BRAGANÇA, L. J.; QUINTÃO, L. C.; SILVA, S. Q.; SOUZA, F. N.; CERQUEIRA, M. M. O. P.. Prevalência, etiologia e fatores de risco de mastite em rebanhos leiteiros de Viçosa-MG. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 9, n. 2, p. 160-166, 2015.

DIAS, J. C.; RAMOS, A. F.; ANDRADE, V. J.; EMERICK, L. L.; MARTINS, A. M.; SOUZA, F. A. Alguns aspectos da interação nutrição-reprodução em bovinos: energia, proteína, minerais e vitaminas. **PubVet**, v. 4, p. 738-743, 2010.

DRILLICH, M.; MAHLSTEDT, M.; REICHERT, U.; TENHAGEN, B. A.; HEUWIESER, W. Strategies to improve the therapy of retained fetal membranes in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 2, p. 627-635, 2006.

EMBRAPA. ANUÁRIO leite 2018: Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. LEITE, E. G. d. 114 p. 2018.

FREIRE, J.; OLIVEIRA, M. G.; BONATO, D. V.; VRISMAN, D. P.; CARDILLI, D. J.; VICENTE, R. R.; TEIXEIRA, P. P. M. Patologias obstétricas na bovinocultura de leite—revisão de literatura. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 10, n. 4, p. 55-61, 2015.

GONÇALVES, R. C., SILVA, A. A. D., LAURENTI FERREIRA, D. O., CHIACCHIO, S. B., LOPES, R. S., BORGES, A. S.; AMORIM, R. M. Tristeza Parasitária em bovinos na região de Botucatu-SP: estudo retrospectivo de 1986–2007. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p.307-312, 2011.

GONÇALVES, R. S. **Doenças uterinas em vacas leiteiras: ocorrência, características metabólicas e reprodutivas**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

JOOSTEN, I.; STELWAGEN, J.; DIJKHUIZEN, A. A. Economic and reproductive consequences of retained placenta in dairy cattle. **Vet Rec**, v. 123, n. 2, p. 53-57, Jul 9 1988.

JUNIOR, A. A. M. & JUNG, C. F. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. **Ágora**, v. 19, n. 1, p. 34-47, 2017.

KIMURA, K.; GOFF, J. P.; KEHRLI JR, M. E.; REINHARDT, T. A. Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 85, n. 3, p. 544-550, 2002.

LEBLANC, S.; LISSEMORE, K.; KELTON, D.; DUFFIELD, T.; LESLIE, K. *et al.* Major advances in disease prevention in dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 4, p. 1267-1279, 2006.

LOPES, M.; DEMEU, F.; ROCHA, C.; COSTA, G.; FRANCO NETO, A.; SANTOS, G. Avaliação do impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 4, p. 477-483, 2012.

LUCENA, R. B.; PIEREZAN, F.; KOMMERS, G. D.; IRIGOYEN, L. F.; FIGHERA, R. A.; BARROS, C. S. L. Doenças de bovinos no Sul do Brasil: 6706 casos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 428-434, 2010.

MOREIRA, P. C.; MENDONÇA, A. C.; MARTINS, A. F.; CAMARGO WASCHECK, R.; SOUZA, P. R.; DUTRA, A.; GRANDISIRE, C.; REZENDE, P. L. P.; CARDOSO, J. R.; BENETTI, E. J.; SILVA, M. S. B. Avaliação do pH do fluido ruminal de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções concentrado: volumoso. **Revista EVS-Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, v. 36, n. 6, p. 1201-1218, 2009.

NETO, A. C.; SILVA, J. F. C.; DEMINICIS, B. B.; FERNANDES, A. M.; JARDIM, J. G.; AMORIM, M. M.; GUIMARÃES FILHO, C. C. Problemas metabólicos provenientes do manejo nutricional incorreto em vacas leiteiras de alta produção recém paridas. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 12, n. 11, p. 1-25, 2011.

SILVA, S. S.; MARMITT, I. V. P.; FELIX, S. R.; CASSOL, D. M. S.; REZENDE, M. L. G.; SILVA, É. F.; MEIRELES, M. C. A.; NIZOLI, L. Q. Assessing different chemoprophylactic protocols against bovine tickborne diseases and their influence on the weight gain of calves. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2611-2617, 2015.

SOUZA, E. R. **A inter-relação da oferta de água, sombra no comportamento ingestivo de bovinos leiteiros em pastejo.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul, Paraná, 2017.

SPRENGER, L. K.; RISOLIA, L. W.; GABARDO, L. B.; MOLENTO, M. B.; SILVA, A. W. C.; SOUZA, R. S. Doenças de ruminantes domésticos diagnosticadas no laboratório de patologia veterinária da Universidade Federal do Paraná: 1075 casos. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 4, p. 45-53, 2015.

TUCHO, T. T. Review on Retention of Placenta in Dairy Cows and it is Economic and Reproductive Impacts. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 7, n. 7, p. 28-37, 2017.

VI. COPYRIGHT

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

Submetido em: 18/12/2019

Aprovado em: 12/02/2020

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-2	<p>MODELAGEM DE SEQUÊNCIAS DE DNA POR MEIO DE CADEIAS DE ORDEM VARIÁVEL</p> <p>DNA SEQUENCES MODELING THROUGH VARIABLE ORDER CHAINS Lucas Moreira; Guilherme Henrique Coelho Mendes; Luciene Viana Guedes Moreira</p>
1-7	<p>DISPOSIÇÃO DE TELHAS DE AMIANTO EM AMBIENTE URBANO: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO ÓRFÃS, PONTA GROSSA, PR</p> <p>DISPOSITION OF ASBESTOS TILES IN URBAN ENVIRONMENT: CASE STUDY IN ÓRFÃS NEIGHBORHOOD, PONTA GROSSA, PR Isonel Sandino Meneguzzo; Andrea Tedesco; Helen Blum</p>
3-4	<p>MEDIDOR DE HARMÔNICAS EM INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS USANDO HARDWARE EMBARCADO E IOT</p> <p>HARMONIC METER IN INDUSTRIAL FACILITIES USING BOARDED HARDWARE AND IOT Moisés Hamssés Sales De Sousa; Cleumar Da Silva Moreira; Edgard Luiz Lopes Fabricio</p>
3-5	<p>DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLE DISCRETO PID DE TEMPERATURA PARA UMA CARGA RESISTIVA UTILIZANDO MÓDULO DIMMER E MICROCONTROLADOR ARDUINO</p> <p>DEVELOPMENT OF A DISCRETE PID TEMPERATURE CONTROL TO A RESISTIVE LOAD USING DIMMER MODULE AND ARDUINO MICROCONTROLLER Thiago Averaldo Bimestre; Esp. Carlos Dolberth Jaeger; Ramon Oliveira Borges Dos Santos; Larissa Silva D'avila</p>
3-8	<p>EMPREGO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE, PARA REDUZIR O INDICE DE AVARIAS E OS CUSTOS COM SEGURO NO PROCESSO LOGÍSTICO DE UMA AUTOMOBILÍSTICA</p> <p>EMPLOYMENT OF QUALITY TOOLS TO REDUCE THE FAILURE INDEX AND SAFE COSTS IN THE LOGISTIC PROCESS OF AN AUTOMOBILE Marcela Delespostis Barroso Silva; Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Antonio Henriques De Araujo Junior</p>

MODELAGEM DE SEQUÊNCIAS DE DNA POR MEIO DE CADEIAS DE ORDEM VARIÁVEL

DNA SEQUENCES MODELING THROUGH VARIABLE ORDER CHAINS

LUCAS MOREIRA¹; GUILHERME HENRIQUE COELHO MENDES¹;
LUCIENE VIANA GUEDES MOREIRA²

1 – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA; 2 – SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL
lmoreira@unb.br; g.h.c.m1995@gmail.com; luvguedes@hotmail.com

Resumo – Neste trabalho, consideramos as Cadeias de Ordem Variável para modelar sequências de DNA relacionadas a doenças cromossômicas. Para tanto, analisamos trinta arquivos correspondentes a trinta doenças cromossômicas obtidos através do Nacional Center for Biotechnology Information. Modelos de Ordem Variável consideram dependências estruturais do processo estocástico, incluindo memória somente onde é relevante. Com isso, obtemos modelos mais econômicos, no que diz respeito ao número de parâmetros a serem estimados. Utilizando essa classe de modelos, estimamos as árvores de contextos associadas a cada uma das doenças consideradas. Verificamos que diferentes doenças cromossômicas podem estar associadas a uma mesma árvore de contextos. Adicionalmente, a partir da observação de sequências de bases nitrogenadas prevemos qual será a próxima base observada.

Palavras-chave: Cadeias de Ordem Variável. Árvores de Contextos. DNA. Doenças Cromossômicas.

Abstract - In this work, we consider Variable Order Chains to model DNA sequences related to chromosomal diseases. We analyzed thirty files corresponding to thirty chromosomal diseases obtained from the National Center for Biotechnology Information. Variable Order Models consider structural dependencies of the stochastic process, including memory only where relevant. With this, we obtain economical models, regarding the number of parameters to be estimated. Using this class of models, we estimate the context trees associated with each of the diseases considered. We found that different chromosomal diseases may be associated with the same context tree. Additionally, from the observation of nitrogen base sequences we predict what will be the next observed base.

Keywords: Variable Order Chains. Context Trees. DNA. Chromosomal Diseases.

I. INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste trabalho é estimar as cadeias de ordem variável que correspondem a um conjunto de doenças cromossômicas consideradas. Para tanto, selecionamos trinta arquivos, cada um deles corresponde a uma determinada doença, e codificamos as bases nitrogenadas de acordo com o alfabeto $A = \{0, 1, 2, 3\}$.

Cadeias de Ordem Variável ou Árvores Probabilísticas de Contextos foram primeiramente consideradas em Rissanen (1983), como uma generalização dos modelos de Markov de ordem fixa. Nesses modelos de ordem variável, o

comprimento da porção relevante do passado depende do próprio passado. A cada sequência de símbolos no histórico do processo, somente uma parte dele, denominada contexto, é suficiente para prever o próximo símbolo do processo. Nenhum contexto pode ser representado por um sufixo de outro contexto. Assim, podemos representar o conjunto de contextos por uma árvore probabilística ou, equivalentemente, árvore de contextos.

As Cadeias de Ordem Variável são frequentemente usadas para descrever processos estocásticos de forma mais parcimoniosa, do ponto de vista dos parâmetros a serem estimados, do que um modelo de Markov de ordem fixa. Isso ocorre, pois, esses modelos consideram dependências estruturais do processo, incluindo memória somente onde é necessário.

Em seu trabalho, Rissanen (1983) introduziu um estimador, denominado de Algoritmo Contexto, para a árvore de contextos de uma Cadeia de Ordem Variável. Neste algoritmo, o critério de poda é construído por meio da distância de Kullback-Leibler. Um outro estimador de árvores de contexto foi introduzido por Galves e Leonardi (2008), considerando o módulo das diferenças entre sucessivas probabilidades de transição empíricas. Garcia e Moreira (2015) mostraram que essa versão do Algoritmo contexto é robusta na presença de dados contaminados.

Neste trabalho, consideramos o estimador de Cadeias de Ordem Variável apresentado em Csiszár e Talata (2006), que considera o Bayesian Information Criterion (BIC) e o Minimum Description Length Principle (MDL) na estimação das árvores de contextos.

As cadeias de ordem variável são consideradas em diversas áreas. Para aplicações desses modelos em teoria da informação, recomendamos a leitura de Rissanen (1983). Modelagens de dados linguísticos, são apresentadas em Galves et al (2012) e em Moreira e Bomfim (2017). Para modelos meteorológicos de memória variável recomendamos a leitura de Moreira e Quintino (2015) e Moreira e Cavalcante (2019).

Neste artigo, utilizando as propriedades das Cadeias de Ordem Variável, verificamos que diferentes doenças cromossômicas correspondem a uma mesma árvore de contextos. Além disso, obtemos modelos de previsão de bases nitrogenadas num filamento de DNA de uma doença, ou seja, a partir da observação de algumas sequências de bases

nitrogenadas, os contextos, podemos prever qual será a próxima base observada.

Nosso trabalho está dividido da seguinte forma: na Seção II, apresentamos notações e conceitos básicos. Na Seção III, apresentamos a metodologia utilizada no trabalho e descrevemos o Critério BIC. Apresentamos os resultados e as discussões do trabalho na Seção IV. Na Seção V apresentamos nossas conclusões e as considerações finais.

II. NOTAÇÕES E DEFINIÇÕES

Em Garcia e Moreira (2015) são apresentados as principais notações e conceitos associados às cadeias de ordem variável. Para a conveniência do leitor, trazemos algumas dessas definições nessa seção.

Considere o alfabeto $A = \{0, 1, \dots, N - 1\}$ com tamanho $|A| = N$. Dados dois inteiros $m \leq n$ denotamos a_m^n a sequência de símbolos $a_m a_{m+1} \dots a_n$ de A e A_m^n o conjunto de tais sequências. O comprimento da sequência será $l(a_m^n) = n - m + 1$. Caso $n < m$, $a_m^n = \emptyset$ e $l(a_m^n) = 0$.

O conjunto de todas as sequências semi-infinitas e o conjunto de todas as sequências de símbolos de tamanho finito são denotados, respectivamente, por A^∞ e \hat{A} .

Dadas duas sequências w e v , com $l(w) < +\infty$, denotamos por vw a sequência de comprimento $l(v) + l(w)$ obtida pela concatenação das duas sequências. Por exemplo, para $v = \dots v_{-n-2} v_{-n-1} e w = w_{-n} \dots w_{-2} w_{-1}$, a sequência obtida pela concatenação de v e w será $\dots v_{-n-2} v_{-n-1} w_{-n} \dots w_{-2} w_{-1}$. Note que, para o caso em que $v = \emptyset$, obtêm-se $vw = \emptyset w = w$.

Uma sequência u é dita ser um *sufixo* de w se existir s , com $l(s) \geq 1$, tal que $w = su$ e será denotada por uw . Caso $u < w$ ou $u = w$, será denotado por $u \leq w$. Dada uma sequência finita w denotamos por $suf(w)$ o maior sufixo de w .

Um conjunto $T \in A^\infty \cup \hat{A}$ de sequências é uma árvore se nenhum $s_1 \in T$ for sufixo de algum $s_2 \in T$. Essa propriedade é chamada de *propriedade do sufixo*. Os elementos de T são chamados de *folhas* de T . Um *nó interno* é um sufixo de uma folha, e os *nós* representam o conjunto de todos os nós internos e folhas. Os descendentes de um nó interno s são todas as sequências as , $a \in A$, que são nós. Uma árvore T é completa se cada nó interno tem exatamente $|A|$ descendentes e é irredutível se nenhum $s \in T$ puder ser substituído por um sufixo de s sem violar a propriedade do sufixo.

Denotamos por $|T|$ a cardinalidade de T . Denotamos por $h(T)$ a profundidade da árvore T , ou seja,

$$h(T) := \max \{l(w) : w \in T\}. \quad (1)$$

Dizemos que a árvore T de contextos é *limitada* se $h(T) < +\infty$. Caso contrário, T é dita *ilimitada*. Dado um inteiro K , defina a árvore de contextos truncada no nível T_K por

$$T_k = \{w \in T : l(w) \leq K\} \cup$$

$$\cup \{w : l(w) = K \text{ e } w < u \text{ para algum } u \in T\}.$$

Ao longo desse trabalho consideramos o processo $X = \{X_t, t \in \mathbb{Z}\}$ estacionário e ergótico sobre o alfabeto $A = \{0, 1, \dots, N - 1\}$. Assumimos que o processo \mathbf{X} é compatível com a probabilidade de transição $p_X(\cdot | \cdot)$, ou seja,

$$p_X(a|w) = P(X_0 = a | X_{-1} = w_{-1}, X_{-2} = w_{-2}, \dots),$$

para todo $w \in A_{-\infty}^{-1}$ e para todo $a \in A$. Para $w \in A_{-j}^{-1}$ probabilidade estacionária do cilindro definida por essa sequência será denotada por

$$\mu_X(w) = P(X_{-j}^{-1} = w).$$

Definição 1 Dizemos que uma sequência $w \in A_{-j}^{-1}$ é um *contexto* do processo \mathbf{X} se, para toda sequência semi-infinita $x_{-\infty}^{-1} \in A^\infty$ tendo w como sufixo, satisfazer

$$P(X_0 = a | X_{-\infty}^{-1} x_{-\infty}^{-1}) = p_X(a|w), \quad (2)$$

e nenhum sufixo de w satisfaz esta condição.

O conjunto de todos os contextos de um processo X é uma árvore irredutível. Essa árvore será chamada *árvore de contextos* de X . As duas definições a seguir tratam da classe de modelos que utilizamos neste trabalho. Definimos o conceito de árvore probabilística de contextos e quando um processo X é compatível com esse modelo.

Definição 2 Uma árvore probabilística de contextos em A é um par ordenado (T, \bar{p}) que satisfaz:

- (1) T é uma árvore irredutível;
- (2) $\bar{p} = \{\bar{p}(\cdot | s) : s \in T\}$ é uma família de probabilidades de transição sobre A .

Definição 3 Dizemos que o processo X é compatível com a árvore probabilística de contextos (T, \bar{p}) se satisfaz:

- (1) T é a árvore de contextos do processo X ;
- (2) Para qualquer $s \in T$ e $a \in A$, $p_X(a|s) = \bar{p}(a|s)$.

Considere X um processo tomando valores num alfabeto finito $A = \{0, 1, \dots, N - 1\}$. Seja X_1, X_2, \dots, X_n uma amostra aleatória do processo X . Para toda sequência finita w , com $l(w) \leq n$, denotamos por $N_n(w)$ o número de vezes que observamos a sequência w na amostra, ou seja,

$$N_n(w) = \sum_{t=0}^{n-l(w)} 1_{Z_{t+1}^{t+l(w)}=w}. \quad (3)$$

Para todo elemento $a \in A$ e para toda sequência finita w , a probabilidade de transição empírica é dada por

$$\bar{p}_n(a|w) = \frac{N_n(wa) + 1}{N_n(w) + |A|}. \quad (4)$$

Observe que a definição de $\bar{p}_n(a|w)$ é conveniente, pois, é assintoticamente equivalente ao Estimador de Máxima Verossimilhança, que é $\frac{N_n(wa)}{N_n(w)}$, e evita-se uma definição adicional no caso $N_n(w \cdot) = 0$.

O conjunto de todas as sequências finitas s que aparecem ao menos uma vez na amostra é denotado por V_n .

Definição 4 Uma árvore T é *factível* se satisfaz

- (1) $s \in V_n$, para todo $s \in T$;
- (2) Cada sequência $s' \in V_n$ é tal que $s' \leq s$ ou $s < s'$ para algum $s \in T$.

O conjunto de todas as árvores factíveis será denotado por F_n . O objetivo é estimar a árvore de contextos T_{Xb} a partir de uma amostra de X . Para tanto, devemos escolher uma árvore factível que se aproxime de T_X . Se $h(T_X) < 1$, então devemos escolher d de modo que $h(T_X) \leq d$ para que exista uma árvore factível que coincida com T_X . Para estimar T_X , não é necessário

o conhecimento prévio da sua profundidade, portanto d pode ser uma função crescente de n .

III. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado dentro do cenário da Teoria de Processos Estocásticos e teve um enfoque de Probabilidade Clássica.

A estimação das árvores de contextos relativas ao conjunto de dados analisado foi o estimador BIC, proposto por Csiszár e Talata (2006). Este estimador seleciona uma árvore factível $T_0 \subset F_n$, que estime T_X considerando a função de verossimilhança da amostra e a complexidade da árvore. O objetivo é escolher T_0 de modo que a função de verossimilhança da amostra seja comparativamente alta, com respeito a modelos menos complexos. Para a conveniência do leitor, apresentamos o estimador BIC a seguir.

Definição 5 Dada uma amostra aleatória X_1, X_2, \dots, X_n de uma cadeia ordem variável X , o Critério de Informação Bayesiana (BIC) para uma árvore factível T é definida como

$$BIC_T(X_1^n) = -\log ML_T(X_1^n) + |T| \log(n), \quad (5)$$

em que c é uma constante real positiva e $ML_T(X_1^n)$ é o estimador de máxima verossimilhança, ou seja,

$$ML_T(X_1^n) = \prod \prod \prod p_n(a|s)^{N_n(s,a)}.$$

Utilizamos o ambiente R de computação estatística (R Core Team, 2018) para programar o estimador de árvore de contextos e os Modelos de Contaminação Estocástica apresentados nesta seção.

IV. APLICAÇÃO EM DOENÇAS CROMOSSÔMICAS

Iniciamos esta seção, para a conveniência do leitor, apresentando uma breve explanação sobre cromossomos e sequências de DNA. Os Cromossomos são responsáveis pela transmissão dos caracteres hereditários, ou seja, das características que são transmitidos de pais para filhos. Os tipos de cromossomos, assim como o número, variam de uma espécie para a outra. Os seres humanos, de maneira geral, apresentam células que possuem 46 cromossomos divididos em 23 pares.

Neste trabalho, utilizamos um banco de dados que consiste de arquivos com as bases nitrogenadas que formam a sequência de DNA do genoma humano. Sendo que dentro de cada arquivo existe a subdivisão em genes que é específica de uma determinada doença. Esses dados foram obtidos por meio do Nacional Center for Biotechnology Information (NCBI) e estão disponíveis no endereço eletrônico <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/>.

O filamento de DNA de cada um dos genes é formado por duas fitas (sequências) de bases nitrogenadas ligadas umas às outras. As bases são apresentadas na Tabela 1 com suas correspondentes denominações.

Base Nitrogenada	Símbolo no alfabeto
Adenina	A
Citosina	C
Guanina	G
Timina	T

Fonte: Os autores.

Destacamos que os arquivos no banco de dados utilizado contêm apenas um lado da fita de DNA, uma vez que o outro lado pode ser obtido considerando as possíveis ligações entre as bases nitrogenadas, quais sejam: A se liga com T e vice versa ($A \leftrightarrow T$); C se liga com G e vice versa ($C \leftrightarrow G$).

Tabela 2 - Codificação das Bases Nitrogenadas

Base Nitrogenada	Símbolo no alfabeto
A	0
C	1
G	2
T	3

Fonte: Os autores.

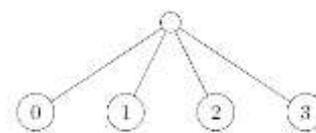
Neste trabalho, selecionamos trinta arquivos, cada um deles corresponde a uma determinada doença, e codificamos as bases nitrogenadas de acordo com a Tabela 2. Destacamos que os arquivos analisados, após a codificação, resultaram em sequências cujos respectivos tamanhos amostrais são de pelo menos dez mil.

Ao analisar arquivos do banco de dados, observamos que muitas doenças ou estão localizadas nos mesmos cromossomos, ou nos mesmos braços genéticos, ou ainda compartilham uma parte do mesmo código. Assim, notamos que existem características semelhantes entre várias doenças.

Nosso principal objetivo é estimar as cadeias de ordem variável X_i , $1 \leq i \leq 30$, que correspondem a cada uma das trinta doenças cromossômicas consideradas. Para tanto, consideramos que as cadeias de ordem variável X_i , $1 \leq i \leq 30$, são estacionárias, ergódicas e tomam valores no alfabeto $A = \{0, 1, 2, 3\}$.

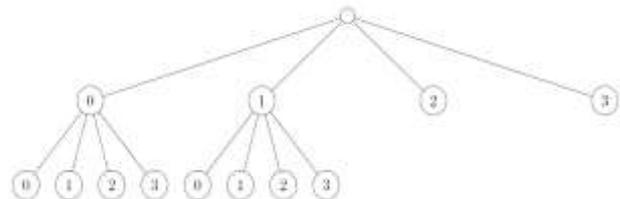
Para estimarmos as árvores de contextos T_{X_i} de cada um dos processos X_i , utilizamos o estimador de árvores de contextos BIC, com constante de poda $C = 0.65$ e com profundidade $d = 3$. Ao todo, o algoritmo BIC estimou cinco árvores de contextos diferentes. Denotamos tais árvores por Árvores I, II, III, IV e V. Estas são apresentadas nas Figuras de 1 a 5. A frequência com que cada uma dessas árvores foi observada é apresentada na Tabela 3.

Figura 1 - Árvore I



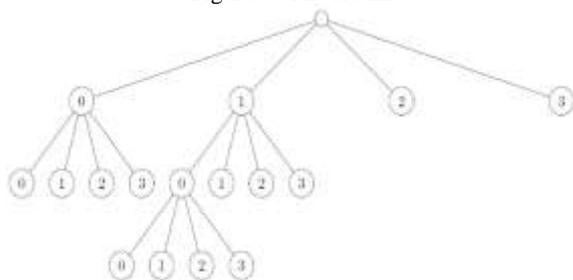
Fonte: Os autores.

Figura 2 - Árvore II



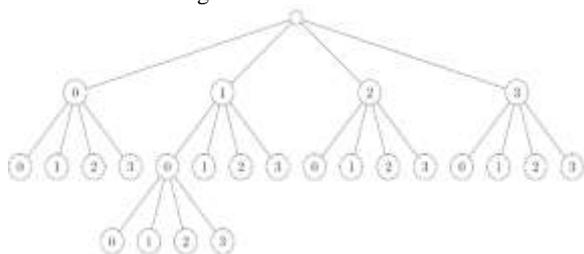
Fonte: Os autores.

Figura 3 - Árvore III



Fonte: Os autores.

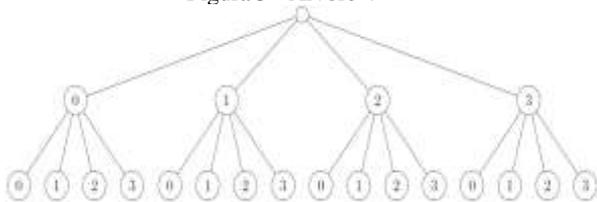
Figura 4 - Árvore IV



Fonte: Os autores.

Uma característica dos modelos de ordem variável é que, em muitas aplicações, a árvore de contextos associada nos conduz a uma interpretação simples e informativa. Assim, todas as doenças cromossômicas que correspondem a Árvore II, apresentada na Figura 2, são tais que se observarmos a base nitrogenada Adenina duas vezes consecutivas no filamento de DNA, essa informação é suficiente para prever qual será a próxima base nitrogenada no filamento, uma vez que 00 é um contexto (ver Tabela 2). Da mesma forma, para doenças com essa árvore, se observamos a base nitrogenada Citosina, essa informação já nos permite prever qual seria a próxima base no filamento, uma vez que 3 também é um contexto. Interpretações semelhantes podem ser feitas para os demais contextos da Árvore II, quais sejam, 10, 20, 30, 01, 11, 21, 31 e 2.

Figura 5 - Árvore V



Fonte: Os autores.

Tabela 3 - Frequência das árvores encontradas pelo BIC com $C = 0.65$ e $d = 3$.

Árvore	Frequência
I	7
II	19
III	1
IV	2
V	1

Fonte: Os autores.

Para cada uma das doenças analisadas, podemos construir uma tabela com as probabilidades de transição, associadas à sua correspondente árvore de contextos, da anomalia cromossômica. Na Tabela 4 apresentamos as probabilidades de transição de uma doença cuja árvore de contextos é a Árvore II. Assim, para esta doença, se

observamos a base nitrogenada Adenina duas vezes consecutivas no filamento de DNA, há 36,7% de chance de que a próxima base também seja Adenina, 24,5% de que seja Timina, 22,6% de que seja Guanina e 16,2% de que seja Citosina.

Tabela 4 - Probabilidades de Transição Estimadas de uma Doença Associada à Árvore II

Contextos	Probabilidades de transição			
	0	1	2	3
00	0,367	0,245	0,226	0,162
10	0,316	0,293	0,213	0,178
20	0,311	0,218	0,310	0,161
2	0,263	0,255	0,252	0,229
30	0,213	0,240	0,330	0,217
3	0,316	0,336	0,071	0,278
01	0,202	0,327	0,266	0,205
11	0,180	0,393	0,219	0,209
21	0,185	0,272	0,335	0,208
31	0,153	0,285	0,326	0,236

V. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, consideramos as Cadeias de Ordem Variável para modelar seqüências de DNA relacionadas a doenças cromossômicas. Para tanto, analisamos trinta arquivos correspondentes a trinta doenças cromossômicas obtidos através do Nacional Center for Biotechnology Information.

Utilizando as propriedades das Cadeias de Ordem Variável, verificamos que doenças diferentes correspondem a uma mesma árvore de contextos. Adicionalmente, obtemos modelos de previsão de bases nitrogenadas num filamento de DNA de uma doença. Ou seja, a partir da observação de algumas seqüências de bases nitrogenadas, que são contextos, podemos prever qual será a próxima base observada.

Com respeito aos contextos e às árvores de contextos obtidas pelo estimador BIC, podemos fazer algumas considerações. As Árvores I e II foram estimadas com maior frequência. A Árvore I está associada a 23% das doenças, enquanto a Árvore II, que foi a mais frequente, está associada a 63.3% das doenças cromossômicas analisadas. Os contextos 00, 10, 20, 30, 11, 21 e 31 apareceram em quase todos os arquivos analisados, exceto na Árvore I, pois, esta tem profundidade um. Não observamos um contexto comum a todas as doenças consideradas.

Não é objetivo deste trabalho analisar o que os conjuntos de bases nitrogenadas, representadas pelos contextos, significam e qual é o papel que desempenham nas doenças. Mas, talvez, estas informações podem vir a ser relevantes em estudos do genoma humano.

Em trabalhos futuros, seria interessante propor um modelo que representasse diferentes doenças presentes em um único cromossomo. Tal modelo poderia comparar as características de um cromossomo com a árvore de contextos mais frequente obtidas neste trabalho.

VI. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

VII. REFERÊNCIAS

- CSISZÁR, I., TALATA, Z. (2006). Context tree estimation for not necessarily finite memory processes, via BIC and MDL, **IEEE Trans. Inform. Theory** 52(3): 1007-1016.
- GALVES, A., LEONARDI, F., **Exponential inequalities for empirical unbounded context trees**. Progress in Probability 60. Birkhauser: 257–70, 2008.
- GALVES, A., GALVES, C., GARCIA, J. E., GARCIA, N. L., LEONARDI, F. **Context tree selection and linguistic rhythm retrieval from written texts**, Annals of Applied Statistics, 6 1, 186-209, 2012.
- GARCIA, N. L., MOREIRA, L., **Stochastically Perturbed Chains of Variable Memory**, Springer, New York, 2015.
- MOREIRA, L., BOMFIM, A. B. A. Estudo comparativo entre o português brasileiro e europeu: uma aplicação de árvores de Contexto. **Revista Sodebras [on-line]**, v. 12 n. 136, Abr./2017, p.176–181, ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N136.pdf>. Acesso em: 20 ago.2019.
- MOREIRA, LUCAS; CAVACANTE, MATHEUS F. M. Modelagem de Dados Pluviométricos em Brasília-DF: Uma aplicação de Cadeias de Ordem Variável. **Revista Sodebras [on-line]**, v. 14, n. 159, Mar./2019, p.101-105, ISSN 1809-3957. XL International Sodebras Congress 10 a 12 de dezembro de 2018, Vitória – ES. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2019.159>.
- MOREIRA, L., QUINTINO, F. S. Cadeias de Ordem Variável Estocasticamente Perturbadas: Aplicações a Dados Climáticos. **Revista Sodebras [on-line]**, v. 10, n.117, Set./2015. p.141–146, ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N117.pdf>. Acesso em: 20 ago.2019.
- RISSANEN, J. **A Universal Prior for Integers and Estimation by Minimum Description Length**. The Annals of Statistics 11 (2): 416–431, 1983. BAIGORRI, A. R., GONÇALVES, C.

VIII. COPYRIGHT

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

Submetido em: 23/09/2019
Aprovado em: 23/10/2019



DISPOSIÇÃO DE TELHAS DE AMIANTO EM AMBIENTE URBANO: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO ÓRFÃS, PONTA GROSSA, PR

DISPOSITION OF ASBESTOS TILES IN URBAN ENVIRONMENT: CASE STUDY IN ÓRFÃS NEIGHBORHOOD, PONTA GROSSA, PR

ISONEL SANDINO MENEGUZZO¹; ANDREA TEDESCO²; HELEN BLUM³

1 - PROFESSOR DO DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA (UEPG); 2 - PROFESSORA DO DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA (UEPG); 3 - ACADÊMICA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA (UEPG)

imeneguzzo@hotmail.com; tedescodeda@hotmail.com; helenblum@gmail.com

Resumo - Objetivou-se identificar a disposição de telhas industrializadas de amianto no bairro Órfãs, município de Ponta Grossa, Paraná. Para a execução da pesquisa foram empregados os seguintes procedimentos metodológicos: revisão bibliográfica a respeito de telhas industrializadas produzidas com o mineral crisotila, trabalhos de campo e mapeamento dos locais em que foram identificados depósitos clandestinos. Pôde-se verificar que a ocorrência de depósitos contendo telhas de amianto crisotila dão-se em áreas com solo exposto, onde o substrato geológico é representado por arenitos do Grupo Iтарaré.

Palavras-chave: Mineral Crisotila. Ambientes Urbanos. Telhas.

Abstract - This research had as objective identify the disposition of asbestos roof tiles on Orfãs neighbourhood's, in Ponta Grossa city, Paraná. For the research execution it was appointed the following methodological process: bibliography review about industrialized roof tiles that were made with crysothile mineral, camp work, laboratory analysis and place mapping where were find irregular deposits. It's possible to verify that the occurrence of asbestos crysothile roof tiles deposit are given in places with exposed ground, where the geological substrate is represented by sandstones from Iтарaré group, providing condicion for possible ground and water table contamination.

Keywords: Chrysotile Mineral. Urban Environmental. Roof Tiles.

I. INTRODUÇÃO

A problemática ambiental que envolve o descarte de resíduos sólidos no Brasil remete a questões que envolvem desde a educação ambiental, passando por aspectos atinentes à fiscalização e a questões jurídicas que tratam da temática. Caracteriza-se, desta forma, como um problema complexo que envolve uma gama de atores sociais para sua minimização.

Somente no ano de 2010 é que o Brasil teve a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a lei federal número 12.305. Nesta lei consta a classificação dos resíduos sólidos quanto à sua periculosidade. Da promulgação da lei até sua efetiva

implementação há uma lacuna, tendo em vista que medidas envolvendo não somente fiscalização e gestão ambiental, mas também ações de remediação ambiental se fazem necessárias para minimizar os efeitos adversos do descarte inadequado de resíduos sólidos.

Neste cenário, emergem os denominados resíduos perigosos, tais como o amianto crisotila, objeto de estudo do presente artigo.

Especificamente no que tange ao amianto crisotila, a Resolução CONAMA n. 348 de 16 de agosto de 2004, estabelece que as telhas de amianto, oriundas dos processos de construção, são enquadradas como resíduos perigosos classe D (BRASIL, 2004). Cabe destacar a NBR 10004 de 2004, a qual enquadra o pó e as fibras de amianto como resíduos perigosos e do ponto de vista da periculosidade como um resíduo tóxico (ABNT, 2004).

O emprego do mineral crisotila, material empregado para diversos fins pelo ser humano, remonta à Antiguidade (WÜSCH FILHO; NEVES; MONCAU, 2001). Empiricamente, pode-se dizer que em ambientes urbanos, é relativamente comum encontrar depósitos clandestinos de telhas produzidas com amianto em encostas, margens de cursos fluviais e até em seus leitos.

Diante deste contexto, o objetivo deste artigo foi de identificar o contexto ambiental da disposição de telhas industrializadas de amianto no bairro Órfãs, Ponta Grossa, Paraná. Foi levado em consideração o substrato pedológico e geológico em que os depósitos foram encontrados, bem como a posição topográfica em que os mesmos se situam em relação ao curso fluvial mais próximo.

II. AMIANTO CRISOTILA: ASPECTOS TÉCNICOS E RISCOS À SAÚDE HUMANA

De acordo com Menezes (2007), a crisotila é uma variedade de serpentina e constitui-se num silicato de magnésio. Possui hábito fibroso (FRASCÁ; SARTORI, 1998) e sua composição química é representada pela fórmula: $[Mg_3(Si_2O_5(OH)_4)]$ (ALLEN; HAJEK, 1995).

Schumann (1972) comenta textualmente que o asbesto é uma denominação genérica para as variedades

fibrosas de minerais do grupo da serpentina. Asbestos ou amianto é a designação comercial de um grupo amplo de minerais fibrosos onde a crisotila é o mais importante (TEIXEIRA *et al.* 2000). Ainda de acordo com estes autores, do ponto de vista geológico, ocorrem associadas a serpentinitos, originando-se por alteração hidrotermal de dunitos e perioditos.

A crisotila possui inúmeras aplicações (TEIXEIRA *et al.* 2000), sendo empregada na fabricação de tecidos protetores contra o fogo (SCHUMANN, 1972) e misturado com o cimento é utilizada na fabricação de chapas onduladas e telhas (GUERRA e GUERRA, 1997).

TEIXEIRA *et al.* (2000) comentam que a lavra, a industrialização e uso deste mineral têm sido constantemente controlados em virtude dos danos que são causados à saúde.

PRESS *et al.* (2006) estabelecem que o asbesto está correlacionado a várias doenças fatais que atingem o pulmão, tais como a asbestose e o mesotelioma. Pesquisas realizadas em diversos locais do planeta indicam de maneira enfática que não há forma segura de trabalhar com produtos que contenham amianto (BARAN; PAIANO; MERCÊS, 2016). A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o amianto como definitivamente carcinogênico para os seres humanos, inclusive não isentando a fibra crisotila de efeitos sobre a saúde (WÜSCH FILHO; NEVES; MONCAU, 2001).

As fibras de amianto são reconhecidas como um risco à saúde e a erosão dos rejeitos constitui-se numa preocupação (DIXON, 1995), tendo em vista que os materiais podem ser carregados por águas pluviais.

Extensas áreas de resíduos de minas de amianto serpentina ocorrem no sudeste do Quebec, no Canadá. Alguns desses depósitos de resíduos são principalmente desprovidos de vegetação após uma exposição de 60 anos. As rochas residuais apresentam poucos problemas de recuperação em comparação com os rejeitos de amianto que por sua vez, apresentam vários problemas químicos em potencial (DIXON, 1995).

Ressalta-se que a serpentina presente nos solos, quando comparada com outros minerais primários, apresenta baixa estabilidade (ALLEN; HAJEK, 1995) sugerindo que no ambiente, as substâncias químicas, produtos da intemperização, podem ser lixiviadas por percolação de águas pluviais.

III. METODOLOGIA

Revisão bibliográfica: Informações técnicas a respeito do amianto crisotila foram inicialmente levantadas em publicações da área de Geologia e Mineralogia. Num segundo momento, foram levantadas informações atinentes à questão que envolve os riscos à saúde humana e a legislação ambiental vigente.

Trabalhos de campo: Foram realizados trabalhos de campo na área de estudo entre os meses de fevereiro a outubro de 2019. Foram percorridas, durante o período em questão, todas as vias públicas do bairro Órfãs com o intuito de identificar depósitos irregulares de telhas de amianto, coletar material, bem como georreferenciar os locais onde foram encontrados (determinação das coordenadas UTM com receptor GPS de navegação), para fins de mapeamento. Identificação do material: Foram coletadas amostras em cada um dos depósitos irregulares

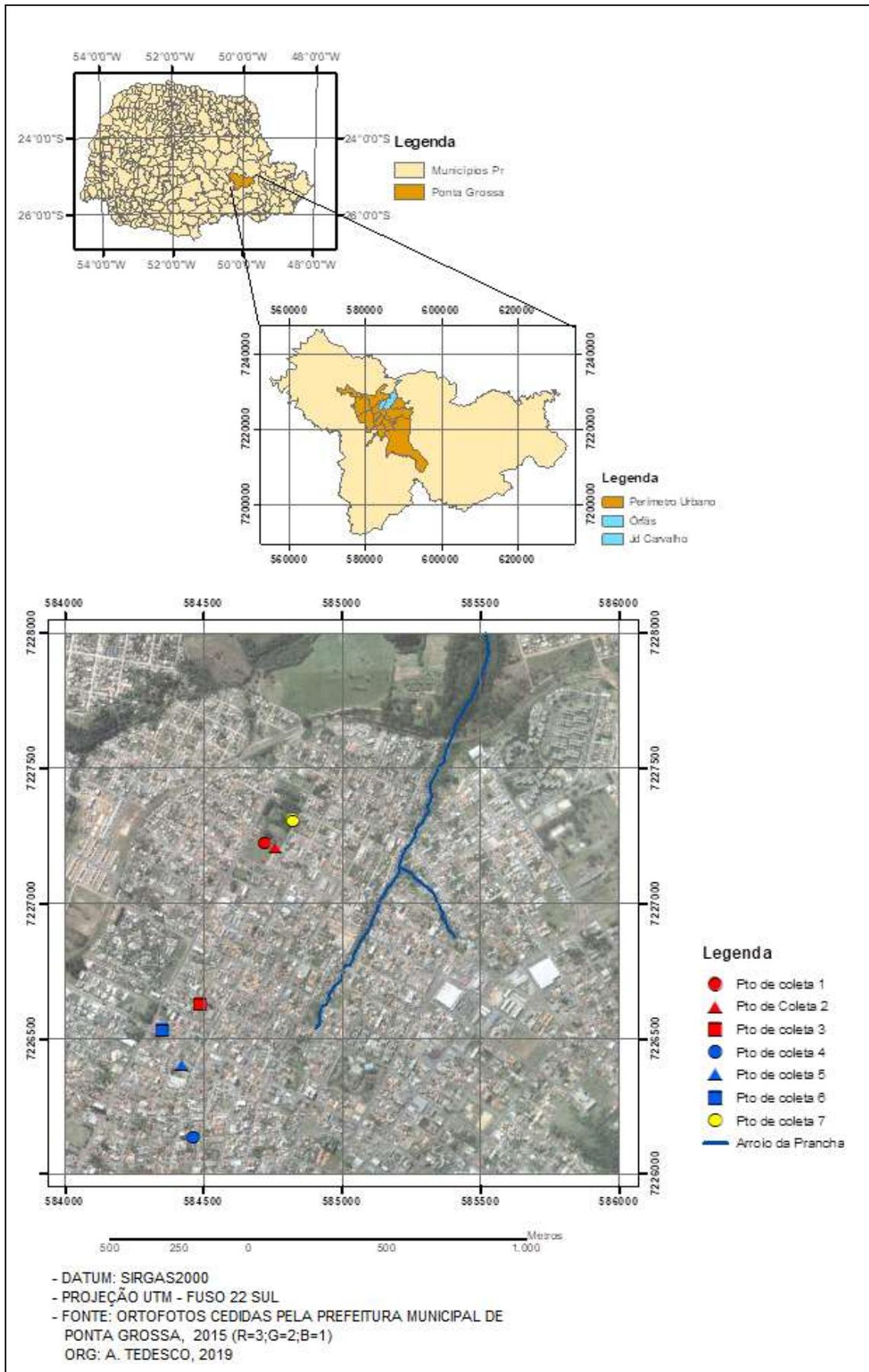
de telhas de amianto na área de estudo. Posteriormente, em laboratório, as mesmas foram analisadas visualmente, com uso de lupa, onde pôde-se identificar a presença de fibras de amianto de tamanho milimétrico.

Mapeamento: A partir das coordenadas UTM levantadas em campo, no sistema geodésico de referência SIRGAS 2000, gerou-se um mapa de localização dos pontos identificados com depósitos em solo exposto. Para tal, foram utilizadas, como base cartográfica, as ortofotos do perímetro urbano de Ponta Grossa, do ano de 2015, com resolução espacial de 10 centímetros, cedidas pela Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. Utilizando-se o programa ArcGis 9.3, os pontos foram inseridos sobre a base, conforme suas coordenadas. Além dos pontos, representou-se graficamente parte do Arroio da Prancha, visível no recorte da área de estudo.

IV. RESULTADOS

A partir da realização de trabalhos de campo, pôde-se identificar 7 pontos (Figura 1) com disposição inadequada de telhas de amianto na área objeto de estudo, todas elas situadas em terrenos baldios ou em vias públicas. Em todos os locais os depósitos encontravam-se sobre solo exposto, onde o substrato geológico é constituído por arenitos do Grupo Itararé.

1- Mapa de localização dos pontos de coleta



De acordo com Petri e Fúlfaro (1983) a litologia mais comum da unidade são os arenitos. Estes possuem granulometria que varia desde muito fina a conglomerática. Na área de estudo observaram-se afloramentos em que o arenito encontrava-se friável e em avançado estágio de intemperização, permitindo a percolação de águas pluviais.

Do ponto de vista topográfico, os 7 pontos identificados com depósitos de telhas de amianto, situam-se em ambiente de encosta, na margem esquerda do Arroio da Prancha. Apesar da distância geográfica do local mais próximo ser superior a 500 metros, isto não descarta a possibilidade de parte do material ser carregado pelas águas pluviais até o leito do arroio.

Observações realizadas durante trabalhos de campo em ambiente de encosta (talude de corte) permitiram identificar um argissolo vermelho-amarelo, derivado de arenito. Esta variedade de solo é relativamente comum na região de Ponta Grossa (SÁ, 2007).

Foram também identificados dutos subterrâneos com fluxo de água, situados a aproximadamente 1,5 metros da superfície, sugerindo assim o potencial de contaminação da área de estudo em relação à presença de fragmentos de telhas de amianto em superfície.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a adoção da metodologia anteriormente citada, foi possível identificar 7 pontos com descarte inadequado de telhas de amianto na área de estudo.

A disposição de fragmentos de telha de amianto em ambiente de encosta do Arroio da Prancha constitui um fator de risco, considerando a possibilidade de carregamento do material pelas águas pluviais na forma de enxurrada.

A ocorrência de dutos subterrâneos com fluxo de água sugere que a área de estudo está vulnerável à contaminação das águas subterrâneas por resíduos de telhas contendo amianto crisotila.

Ações referentes à solução deste problema vêm sendo efetivadas por meio de contato junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Ponta Grossa. O envio das informações constantes neste artigo (localização dos pontos de descarte) permitiu que o órgão ambiental municipal realizasse a coleta dos mesmos, dando uma destinação adequada para os resíduos em questão.

VI. REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT/NBR 10004:2004**. Disponível em: <<https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

ALLEN, B. L.; HAJEK, B. F. **Mineral occurrence in soil environments**. Madison: Soil Science Society of America, 1995. p. 199-278.

BARAN, F. D. P.; PAIANO, L. A. G.; MERCÊS, N. N. A. Impacto da exposição ao amianto na saúde da população adulta. **Revista Cogitare Enfermagem**. v. 21. n. 2. 2016. p. 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ce.v21i2>

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 348**, de 16 de agosto de 2004. Disponível em:

<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 16 out. 2019.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 16. out. 2019.

DIXON, J. B. Kaolin and serpentine group minerals. In: **Minerals and soils environments**. Madison: Soil Science Society of America, 1995. p. 467-525.

FRASCÁ, M. H. B. O.; SARTORI, P. L. P. Minerais e rochas. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998, p. 15-38.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

MENEZES, S. O. **Introdução ao estudo de minerais comuns e de importância econômica**. Juiz de Fora: Edição do autor, 2007.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Editora da USP, 1983.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SÁ, M. F. M. Os solos dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007, P. 73-84.

SCHUMANN, W. **Rochas e minerais**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S/A, 1972.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

WÜNSCH FILHO, V.; NEVES, H.; MONCAU, J. E. Amianto no Brasil: conflitos científicos e econômicos. **Revista da Associação Médica Brasileira**. v. 47. n. 3. 2001. p. 259-261.

VII. COPYRIGHT

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

Submetido em: 06/11/2019

Aprovado em: 23/01/2020



MEDIDOR DE HARMÔNICAS EM INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS USANDO HARDWARE EMBARCADO E IOT

HARMONIC METER IN INDUSTRIAL FACILITIES USING BOARDED HARDWARE AND IOT

MOISÉS HAMSSÉS SALES DE SOUSA¹; CLEUMAR DA SILVA MOREIRA²;
EDGARD LUIZ LOPES FABRICIO³

1; 2; 3 – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA- PPGEE
moiseshamsses@yahoo.com.br; cleumar.moreira@ifpb.edu.br; edgardluz@gmail.com

Resumo - Neste trabalho foi proposto a aplicação de dois métodos de processamentos de sinais, tais como DQ e transformada de plack e o PLL- Loop de fase bloqueada no domínio do tempo e a Transformada rápida de Fourier - FFT, a Discreta de Fourier - DFT, bem como a Discreta recursiva de Fourier - TDFR ambas no domínio da frequência. Para tais fins, pretende-se utilizar um hardware dedicado, sendo um processador de sinais digitais - DSP. Os resultados experimentais foram obtidos por uma plataforma de desenvolvimento, onde foi possível a aquisição das medições de harmônicas de corrente. Estas medições foram analisadas e enviadas usando recursos de Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of Things).

Palavras-chave: Transformada Rápida de Fourier. Processador de Sinais Digitais. Harmônicas.

Abstract – In this work, it was proposed the application of two methods of signal processing, such as DQ and plack transform and PLL- Phase loop blocked in the time domain and the Fast Fourier Transform - FFT, the Fourier Discrete - DFT, as well as the Fourier Recursive Discrete - TDFR both in the frequency domain. For such purposes, it is intended to use dedicated hardware, being a digital signal processor - DSP. The experimental results were obtained by a development platform, where it was possible to acquire current harmonic measurements. These measurements were analyzed and sent using Internet of Things (IoT) resources.

Keywords: Fast Fourier Transform. Digital Signal Processor. Harmonics.

I. INTRODUÇÃO

A descrição dos conceitos de Qualidade da Energia Elétrica (QEE) agrega vários fenômenos eletromagnéticos que podem causar problemas aos consumidores de energia elétrica. A abordagem dos conceitos fundamentais de QEE faz-se necessária devido ao principal enfoque deste documento consistir na identificação de fenômenos relacionados à qualidade do produto comumente encontrados em sistemas elétricos industriais segundo Fernandes, R. A. S (2009). A partir da segunda metade da década de 80, vem se tornando objeto de estudos instrumento de interesse das diversas classificações de consumidores de energia elétrica: consumidores industriais, residenciais e comerciais bem como as concessionárias fornecedoras de energia elétrica. Este, sendo um tema que

abrange uma série de fenômenos, deformações e disfunções que possivelmente podem ocorrer nos sistemas elétricos em baixa, média e alta tensão de acordo Fernandes, R. A. S (2009).

O aumento de interesse sobre esse tema, segundo Asiminoael, L (2007), se consolidou após o acréscimo e uso de equipamentos eletrônicos como: televisores, computadores, refrigeradores, condicionadores de ar, impressoras, entre outros, que são cargas que apresentam características não lineares e sensíveis a distúrbios no sistema elétrico de potência – SEP, nos estabelecimentos de assistência à saúde ainda se torna maior à preocupação para com os distúrbios. De acordo com Semlyen, A. *et al.* (2000) a presença de cargas eletrônicas tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, o que tem possibilitado o surgimento de uma nova área dentro de um contexto industrial brasileiro.

Devido a isso, observou-se a elevação nos níveis de distorção harmônica, as quais podem degradar a qualidade de energia elétrica – QEE. Segundo ESTEVES, E. A. C. (2012) a elevação contínua dos níveis de distorção harmônica nas redes de distribuição causa preocupação às concessionárias de energia elétrica, pois são devido aos comportamentos distintos das cargas elétricas lineares ou não-lineares conectados comumente a um só alimentador ou individualmente na mesma fonte de alimentação que definem a característica da harmônica, quanto a sua ordem e a especificidade da mesma, sendo de tensão ou de corrente.

Diante do exposto, o projeto propôs o desenvolvimento de um dispositivo de medição inteligente das harmônicas. Segundo Chapman, D (2002), uma tensão ou corrente harmônica pode ser definida como um sinal senoidal cuja frequência é múltipla inteiro da frequência fundamental do sinal de alimentação, o que provoca deformações nas formas de onda presente no sistema elétrico analisado.

O objetivo desse trabalho foi a aplicação de dois métodos para a detecção e posterior análise dos níveis de harmônicas numa rede elétrica trifásica e com cargas não-lineares à ela conectadas, sendo o primeiro método no domínio do tempo e segundo o no domínio da frequência.

O artigo está composto por cinco seções incluindo esta. Na seção dois pode ser verificada a metodologia aplicada no desenvolvimento da pesquisa. Na seção três está contido os resultados obtidos, na quatro consta as conclusões e a última

que é a quinta traz as referências utilizadas no embasamento científico do trabalho.

II. MÉTODOS

Ao se falar em qualidade de energia elétrica - QEE, deve-se levar em contas vários aspectos científicos e normativos para se ter um bom embasamento à cerca desse tema. Entretanto um dos parâmetros que vem sendo muito difundido no âmbito acadêmico, seria a aplicação de métodos que viabilizem e torne os sistemas de medição ou detecção dos respectivos parâmetros da qualidade de energia elétrica mais dinâmicos e ao mesmo tempo com maior nível de precisão.

Dentro desse contexto destaca-se a transformada discreta de Fourier e seus recursos sendo as TDFR e a DFT, que se dão com uma transformação matemática para sinais discretos, que munindo o sistema de informações das amplitudes das harmônicas selecionadas, para uma melhor performance do sistema de detecção, a TDFR vem sendo muito utilizada no domínio da frequência como ferramenta para detecção de componentes harmônicas da rede elétrica. Sua função é obter a representação discreta no domínio da frequência a partir de sinais periódicos temporais amostrados segundo Oppenheim, A. V. *et al.* (1998).

Outro método que é utilizado para a detecção é o PLL com seus algoritmos de sincronismo de fase dq, ajustando a frequência de amostragem através o controle de malha fechada para garantir o sincronismo das componentes harmônicas e obtermos as amplitudes harmônicas. Sua principal desvantagem está no tempo de resposta transitória do sistema, que em alguns casos pode ter duração de vários ciclos da fundamental do sinal de entrada Marafão, F.P *et al.*(2003).

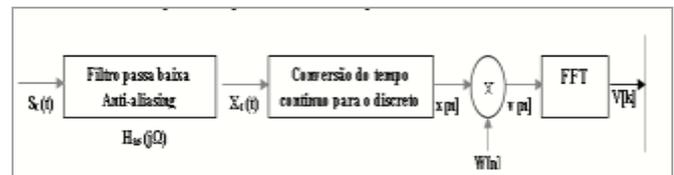
Para a conversão e obtenção das amplitudes das frequências harmônicas foram utilizadas aplicações matemáticas e computacionais no domínio da frequência e no domínio do tempo. Para obtenção do método no modo da frequência foi efetuado um algoritmo de detecção das amplitudes das frequências, nele aplicado a transformada rápida de Fourier - FFT que remete uma função matemática com termos exponenciais complexas.

A importância deste algoritmo se dá pelo fato que o mesmo se mostrou eficiente para o tipo de aplicação, o que foi visualizado com a redução do o esforço computacional para o cálculo das transformadas, permitindo assim a detecção das harmônicas no domínio da frequência com a Transformada de Fourier que é a ideia principal do trabalho desenvolvido por Oppenheim, A. V. *et al.*(2010) .O seu uso se faz muito comum, quando se quer transformar um sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência, e com essa conversão efetuar análises das harmônicas.

Para que seja possível uma melhor dinâmica e que os recursos computacionais sejam implementados, utilizando a técnica da Transformada de Fourier discreta recursiva, é necessário verificar detalhadamente para que tipo de aplicação serão utilizados os recursos, como o tipo utilizado de janelamento por exemplo que tem sua precisão e dinâmica operacional mais ou menos elevada de acordo com o tipo de janela executada. Esta transformada pode ser derivada a partir da Transformada rápida de Fourier, através da frequência de amostragem e janelamento do tempo, técnicas de filtragem, seguido de amostragem no modo da frequência SILVA, D. H. de J (2013) e J. Jacobs, *et al.* (2002).

A Figura 1 abaixo, traz as etapas básicas executadas pela Transformada Discreta de Fourier:

Figura 1 – Etapas básicas executadas pela FFT



Fonte: Adaptado de Oppenheim, A. V. *et al.* (1998).

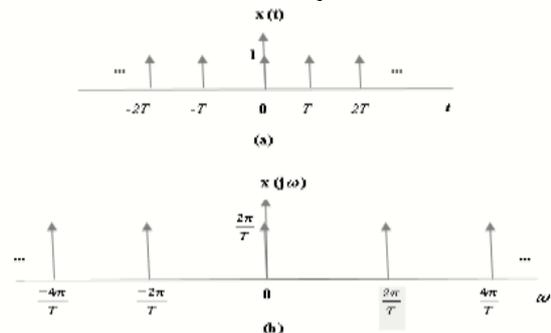
No diagrama de blocos descrito acima, traz o filtro *anti-aliasing* com que é utilizado no trabalho para tentar minimizar, alguns efeitos causados pelo número de vezes que se repete o processamento digital do sinal. Utilizando esse tipo de filtro pode-se eliminar todo o espectro indesejado de frequências no sinal medido que esteja fora da faixa a ser objeto de análise, bem como retira as frequências $\omega < \omega_s/2$. Após o sinal filtrado $x_c(t)$ o mesmo é enviado para o conversor ADC, onde o sinal contínuo é transformado em uma sequência, durante a filtragem em $H_{aa}(j)$ a mudanças nos componentes de Fourier e da entrada da frequência e banda de transição pois o filtro não admite ser ideal e a resposta do mesmo resulta nessa mudança. Durante a conversão do sinal $x_c(t)$ para as amostras $X[n]$, é representado no domínio da frequência com sua periodicidade e normalização da frequência conforme na equação (1), onde temos:

$$V(e^{j\omega}) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X e^{j\theta} W(e^{j(\omega-\theta)}) d\theta \quad (1)$$

Em seguida, acontece o janelamento que no trabalho proposto foi desenvolvido no algoritmo de programação uma janela deslizante, onde tendo a sequência $X[n]$ gerada, a mesma é multiplicada pela janela de duração finita, onde temos a seguinte sequência: $v[n] = \omega[\eta] \chi[\eta]$. O efeito desse janelamento é uma convolução.

Com isso, a Transformada de Fourier tem uma notação de um trem de impulsos periódicos com período igual a T numa representação gráfica no domínio do tempo e um trem de impulsos deslocados $2\pi/T$ no domínio da frequência conforme abaixo na Figura 2.

Figura 2 – (a) Trem de impulsos no domínio do tempo, (b) e no domínio da frequência



Fonte: O autor, 2020.

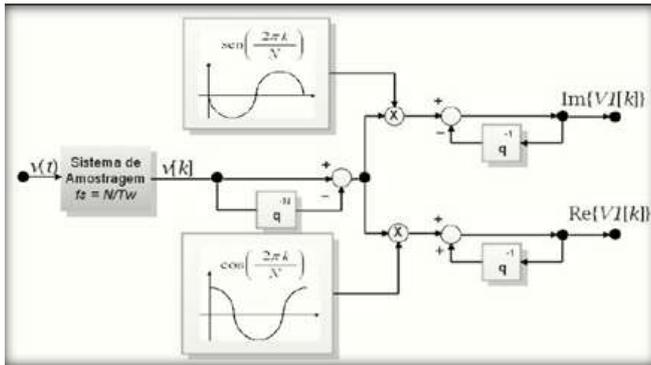
Assim como temos na convolução com um impulso, simplesmente atuando de tal forma a deslocar o sinal em função do tempo, se somente si $[X(j\omega) * \delta(\omega - \omega_0)] = X(j(\omega - \omega_0))$, como podemos observar disposto na equação (2) conforme abaixo descrita:

$$X_p(j\omega) = \frac{1}{T} \sum_{-\infty}^{\infty} (X(j(\omega - k\omega_p))) \quad (2)$$

Daí, temos que X_p é a função de ω , periódica que advém de uma sobreposição das réplicas deslocadas de X_p .

Para a obtenção da RDFT temos que inserir no algoritmo de programação matematicamente os cálculos da parte real e imaginária para se obter a frequência fundamental, contudo temos que, separando a parte real da imaginária e empregando o operador de atraso q^{-1} , segundo Goodwin, G. C. *et al* (1984) e FEUER, A. *et al* (2007), temos que o algoritmo da RDFT se dá da forma a seguir demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Algoritmo da transformada de Fourier recursiva



Fonte: O autor, 2020.

Para aplicação computacional do algoritmo, é imprescindível que o mesmo armazene um sempre os últimos valores de N posições, oriundo do sinal no domínio do tempo. Quem atribuirá os respectivos valores a cada conjunto com n passos de cálculo será as funções seno e cosseno, tornando mais dinâmica a execução da lista de instruções do algoritmo. Na programação, desenvolvida em C++ a seguinte expressão para obtenção da frequência fundamental de cada uma das componentes do sistema trifásico e suas respectivas amplitudes harmônicas que a compõem, temos para a efetuação dos cálculos matemáticos as seguintes expressões abaixo, sendo a parte imaginária e a real assim denominadas para a função sen e cos.

$$X_{re}[k] += ia * \cos(2 * \pi * k * n / ((double)N)) \quad (3)$$

$$X_{im}[k] += ia * \sin(2 * \pi * k * n / ((double)N)) \quad (4)$$

$$X_{re}[k] -= Ia[n] * \cos(2 * \pi * k * n / ((double)N)) \quad (5)$$

$$X_{im}[k] -= Ia[n] * \sin(2 * \pi * k * n / ((double)N)) \quad (6)$$

ambas são obtidas como demonstrado na decomposição efetuada pelo algoritmo na Figura 3.

Entende-se que são necessários para a efetivação do cálculo (q^{-1-N}), na transformada sempre seus últimos N valores, e outro ponto de atenção é o de que, qualquer alteração no valor no valor da tensão elétrica $V(t)$, causa o efeito transitório na saída do sinal medido, contudo isso é conclusivo que para se estabilizar o algoritmo necessariamente precisa de um intervalo relativo à taxa de amostragem de todos os pontos da transformada, isso independe da taxa de distorção harmônica.

Temos que em $v[k]$ contém as amostras de tensão $v(t)$ e que N representa o quantitativo de pontos considerados pela TDRF, sendo todos os valores fora do intervalo $[k - N + 1, k]$ serão desprezados. Com isso temos que o produto do sinal de entrada por uma janela de acordo com [59], tendo o

intervalo dependendo do número de amostras estabelecido bem como da frequência de amostragem, descrito na equação (7) abaixo:

$$T_w = N.T_s \quad (7)$$

onde T_w é a largura da janela aplicada e a variável T_s , o período de amostragem.

Temos que alguns métodos para detecção de harmônicas tem um melhor desempenho e rapidez, aplicando os sinais no domínio do tempo, as detecções se mostram mais rápidas em relação ao custo computacional do que com os métodos em domínio da frequência. Há uma variedade desses métodos de controle e detecção no domínio do tempo, dentre eles tem-se a teoria da obtenção das componentes, a partir da tensão instantânea de acordo com Asiminoael, L. *et al.* (2007), AKAGI, H. *et al.* (1984) o método da referência síncrona dq segundo Asiminoael, L. *et al.* (2007), segundo Bhattacharya, S *et al.* (1996), o método dq harmônico de acordo Bhattacharya, S *et al.* (1988), e o método de controle pelo barramento cc descrito por A.A. Girgis, *et al.* (1991).

O método aplicado nesse trabalho foi o dq síncrono, conhecida como simplesmente método dq, que consiste em determinar através de cálculos matemáticos para a detecção das amplitudes harmônicas segundo Asiminoael, L. *et al.* (2007), efetuando o cálculo da potência instantânea em um sistema trifásico, sendo determinada pela relação dos respectivos valores de tensão e correntes elétrica instantâneas sendo assim definidas na equação (8). Sendo necessário as tensões e correntes ser convertidas para as coordenadas alfa e beta (α e β), sendo obtidas pela transformada de Clarke. Temos para representar as formas de onda de corrente e tensão partir das equações abaixo:

$$v(t) = v \cos(\omega t + \phi v) = R e^{\{\sqrt{2} V e^{j\omega t}\}} \quad (8)$$

$$i(t) = i \cos(\omega t + \phi i) = R e^{\{\sqrt{2} I e^{j\omega t}\}}$$

Para melhor observar o método da referência síncrona dq, sendo este o método aplicado no trabalho, note que as coordenadas abc coletando por meio de sensores de corrente são utilizadas para se obter as correntes de carga, em seguida transformadas para coordenadas dq, utilizando a Transformada de Park, abaixo na figura 4, descrita em matriz:

Figura 4 – Transformada de Park em matriz para obtenção de dq

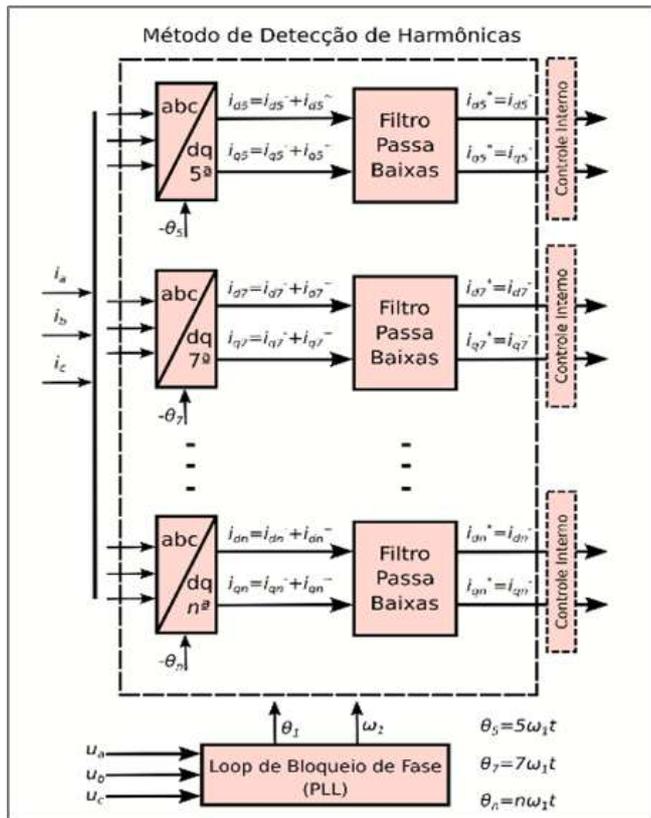
$$\begin{bmatrix} x_d \\ x_q \\ x_o \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Fonte – O autor, 2020.

Os métodos para detecção de harmônicas no domínio do tempo oferecem maior velocidade e executam um número menor de cálculos se comparados aos no domínio da frequência, o modelo baseado no dq síncrono é semelhante ao modelo acima visto na Figura 4, porém a velocidade angular da frequência se a semelha com a obtenção no domínio da frequência, entretanto para tal utiliza-se as frequências harmônicas do sinal dc discretizado

(idn^- e iqn^-), bem como todas as outras frequências incluindo as componentes fundamentais do sinal alternado ac (idn^- e iqn^-). Tal seleção da detecção dos componentes harmônicos é feito através da utilização de um filtro Passa baixa segundo S. Bhattacharya(1998) como visto no diagrama na Figura 5 representando o sistema de detecção no domínio do tempo utilizado no trabalho.

Figura 5 - Sistema de detecção em blocos



Fonte: O autor, 2020.

Para os métodos de detecção de harmônicas adotando a obtenção dos componentes dq, uma limitação deve-se levar em conta, que é a necessidade dos ângulos de referência das fases, para que de posse desses ângulos o algoritmo possa processar a lista de instrução, para tal utilizasse o PLL – Loop de fase bloqueada, que ao ser implementado o usuário tem que atentar nas tensões que devem ser balanceadas e senoidais, outro aspecto juntamente com o PLL, para uma maior precisão do sistema o algoritmo deve possuir necessariamente filtros numéricos implantados, passa baixa ou passa alta respectivamente de acordo com a especificidade da medição, esse por fim influencia diretamente na dinâmica do sistema.

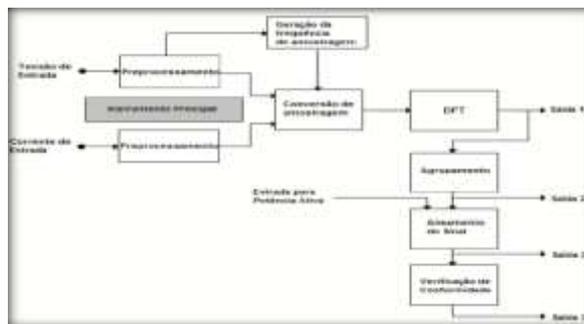
III. MATERIAIS

Aplicado pelo condicionamento do sinal de entrada e envio do mesmo para um computador por meio do processador de sinais com acesso via página http na internet.

De acordo com a IEC 61000-4-7(2003), um instrumento de medição das harmônicas genericamente apresenta a seguinte estrutura como disposta na Figura 6, compreendendo dos seguintes itens a seguir relacionados: conversores analógicos digitais, unidade de amostragem e quantização, circuitos de entrada com filtros *Antialiasing*, sincronização e unidade de janelamento caso necessite e

um processador da FFT que irá fornecer os coeficientes de Fourier e_m e b_m .

Figura 6 - Estrutura genérica de um medidor de harmônicos



Fonte: IEC 61000-4-7 (2003).

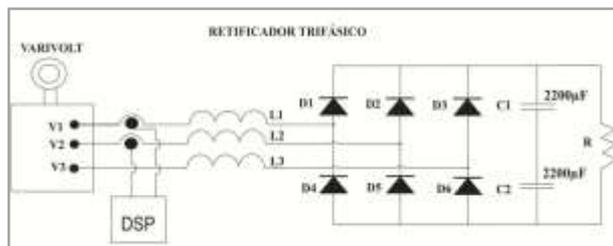
Para que ocorresse o sincronismo da janela de tempo durante a medição foi necessário que transcorresse entre 10 e 12 ciclos, determinados pela frequência do sistema analisado sendo elas de 50 Hz ou 60 Hz de acordo com IEC 61000-4-7 (2003).

O processador digital de sinais – DSP, é dito como de baixo custo para otimização de sistemas se comparados a outros processadores semelhantes bem como à uma gama de aplicações das mais diversas, no tocante controle de acionamento de motores elétricos, chaveamento de inversores, sistemas digitais, apresenta um excelente compilador para linguagens de alto nível, controle aplicado em motores AC e CC utilizando o método *sensorless*, dentre outras vertentes. Para o trabalho o processador tem como fundamental função gerenciar os dados coletados durante à aquisição, efetivação dos cálculos e modelos matemáticos bem como dar a resposta digitalizada ao usuário do sistema.

Os dados coletados e devidamente processados serão enviados via rede de comunicação sendo monitorados, visualizados e analisados por meio da interface de fácil acesso, fixa em um computador que exibirá os dados referentes ao sistema de medição de harmônicas.

Para simular os efeitos gerados na rede de energia elétrica por causa do comportamento linear e não-linear das cargas inseridas nos sistemas de distribuição de energia, foi utilizado no trabalho um retificador trifásico. Abaixo na Figura 7 é mostrado o diagrama do sistema desenvolvido para detecção de harmônicas:

Figura 7 – Retificador Trifásico



Fonte: O autor, 2020.

Os retificadores trifásicos estão em sua maioria em circuitos para acionamento de motores, conversores *cc/ca*, em sistemas de controle dinâmico para motores dentre outras inúmeras aplicações para os mesmos.

Dá-se o nome de carga linear ao circuito elétrico resultante da associação de um resistor mais um indutor, ou resistor mais um capacitor o resultado da alimentação de tensão

com 60 Hz deve apresentar uma corrente de 60 Hz, pois os elementos lineares são os resistores, capacitores e indutores.

São denominados circuitos não-lineares pois produzem correntes e frequências diferentes da frequência da rede, pois ao se alimentar com uma tensão de um sinal de 60 Hz de frequências e produz uma corrente na ordem de 5 à 7 vezes da frequência da rede. Para que se possa desenvolver um sistema de medição eficaz e capaz de efetuar as medições dessas frequências múltiplas da fundamental, se faz necessário que seja levado em conta os indicadores de QEE contidos na norma IEC 61000-4-7 por exemplo.

Contudo para que seja feito um diagnóstico das harmônicas, deve-se levar em conta algumas premissas fundamentais para obter eficiência e eficácia em relação ao método implementado, na Tabela 1 contém algumas premissas a serem observadas para a concepção do sistema de medição de harmônicas:

Tabela 1 – Fatores para determinar um sistema eficaz

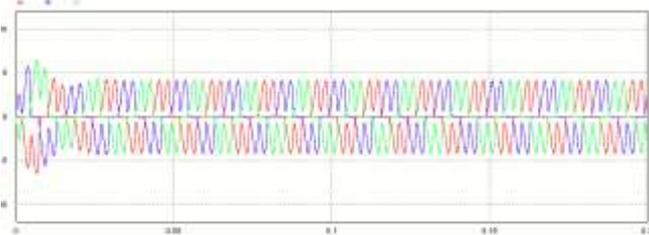
Capacidade de armazenamento do processador
Custo computacional
Tensão de entrada do processador compatível ao sinal enviado pelo sensor
Análise do sinal em modo frequência ou no modo do tempo
Necessidade de implementar filtros digitais ou analógicos
Precisão dos dados coletados
Período de amostragem
Linguagem de programação aplicada é de fácil acesso
Custo e acessibilidade de implementação
Tempo de resposta do sinal processado no sistema de acordo com o método
Existência de A/D no processador
Tipo de pré-disposição para comunicação do processador
Estabilidade do sistema de medição

Fonte: O autor, 2020.

IV. RESULTADOS

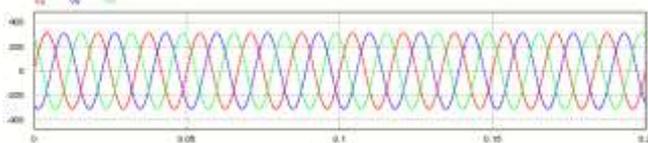
Os resultados a seguir demonstrados foram obtidos com o simulador PSIM, bem como comparados com os obtidos por meio do DSP, aplicado em um sistema de medição para as harmônicas, para avaliar os resultados experimentais projetados com os obtidos na prática.

Figura 8 – Correntes elétricas de entrada do sistema



Fonte: O autor, 2020.

Figura 9 – Tensões elétricas de entrada do sistema



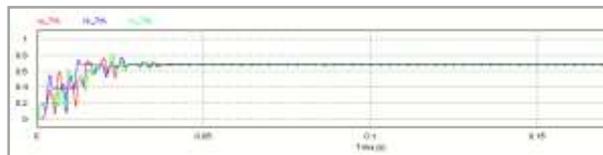
Fonte: O autor, 2020.

Figura 10 – Amplitude de 5ª ordem no domínio da frequência



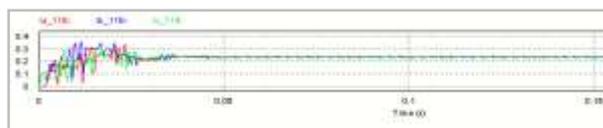
Fonte: O autor, 2020.

Figura 11 – 7ª ordem obtidas no domínio da frequência



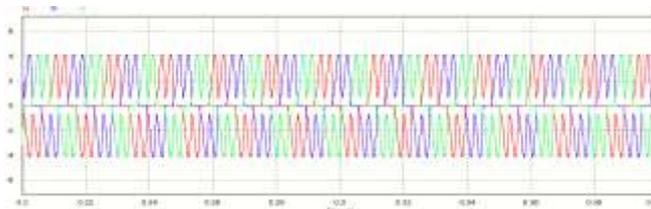
Fonte: O autor, 2020.

Figura 12 – 11ª ordem obtidas no domínio da frequência



Fonte: O autor, 2020.

Figura 13 – Correntes elétricas no domínio do tempo da entrada



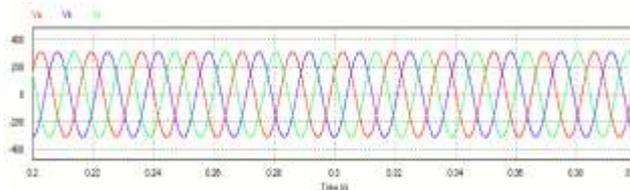
Fonte: O autor, 2020

Os resultados obtidos e apresentados nas figuras 08, 09, 10, 11, 12, e 13, trazem os gráficos com os sistema de energia trifásico onde para obtenção dos mesmos foi aplicado o método de detecção de harmônicas no domínio das frequência, onde foi avaliado a defasagem entre as fases tanto para corrente bem como para tensão elétrica e suas respectivas harmônicas contidas no sinal de entrada.

Abaixo nas figuras 14, 15, 16 e 17 estão os resultados adquiridos com a aplicação do método *dq* síncrono e PLL no domínio do tempo.

Na figura 14 está contido no gráfico as três tensões para avaliação das frequências harmônicas contidas nas mesmas.

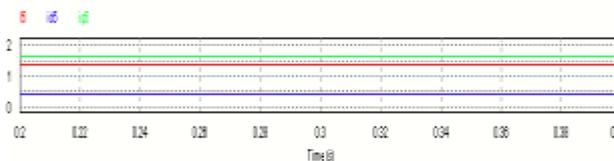
Figura 14 – Tensões no domínio do tempo de entrada



Fonte: O autor, 2020.

Abaixo na figura 15 traz exposto no gráfico as frequências harmônicas de quinta ordem contidas nas tensões de entrada do sistema no domínio do tempo.

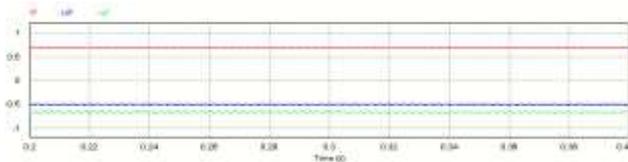
Figura 15 – 5ª ordem no domínio do tempo, Id, Iq respectivamente dispostas na figura



Fonte: O autor, 2020.

Abaixo na figura 16 é apresentado com o gráfico, as frequências harmônicas de sétima ordem contidas nas tensões de entrada do sistema no domínio do tempo.

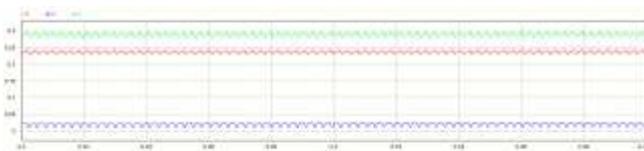
Figura 16 – Amplitude de 7ª ordem no domínio do tempo, Correntes Id, Iq



Fonte: O autor, 2020.

Na figura 17 é apresentado no domínio do tempo as frequências harmônicas de decima primeira ordem contidas no sinal de entrada do sistema.

Figura 17 – Amplitude de 11ª ordem no domínio do tempo, Correntes Id, Iq



Fonte: O autor, 2020.

V. CONCLUSÃO

Para a realização do trabalho, foram preciso aplicar dois métodos distintos para obtenção das amplitudes harmônicas à partir da frequência fundamental da rede, com isso aplicando o método no domínio do tempo com a transformada de Plack, dq sincronizado e o PLL, nota-se que a precisão foi relativamente maior do que a obtenção das amplitudes no domínio da frequência através da aplicação a Transformada discreta de Fourier recursiva que para se ter um melhor rendimento usou-se o método com uma janela deslizante, que atribui valores de amplitude após o sinal passar do primeiro ciclo, sendo esse aspecto notório nas figuras 8 até a 12, que traz os gráficos obtidos no domínio da frequência.

Esse fator deve ser levado em conta na hora do dimensionamento do sistema de detecção e sua respectiva aplicação, haja vista que para o método que utiliza a RDFT, pois é necessário executar a amostragem e janelamento do tempo, técnicas de filtragem, seguido de amostragem no modo da frequência, segundo SILVA, D. H. de J (2013) e J. Jacobs, *et al*, (2002). Isso demanda um certo incremento computacional, tornando o sistema menos dinâmico.

Entretanto na aplicação do métodos dq e PLL no domínio do tempo, o sistema de detecção apresentou-se mais dinâmico que durante a aplicação para o domínio da frequência, isso se deu devido ao grande número de operações matemáticas inseridas nos cálculos para o domínio do tempo que demandam um custo computacional relativamente mais elevado comparado com o método dq e PLL, foi necessário diminuir a frequência de amostragem de 10 KHz para 5 KHz.

VI. REFERÊNCIAS

AKAGI, H. *et al*. Instantaneous reactive power compensators comprising switching devices without energy

storage components. **IEEE Transactions Industrial Applications**, 1984. pp. 625-630.

ASIMINOAE, L., BLAABJERG, F., HANSEN, S. (2007). Detection is key-Harmonic detection methods for active power filter applications. **Industry Applications Magazine** - IEEE, Vol. 13, pp. 22-33, Doi: 10.1109/MIA.2007.4283506.

BHATTACHARYA, S. *et al*. Fluxbased active filter controller. **IEEE Transactions Industrial Applications**, vol. 32, no. 3, 1996. pp. 491-502.

BHATTACHARYA, S. *et al*. Active filter system implementation, **IEEE Trans. Ind. Applicat.**, vol. 4, no. 5, 1998.

ESTEVES, E. A. C., **Impactos na Qualidade da Energia Elétrica Provenientes do Rápido Crescimento da Demanda no Sudeste do Estado do Pará**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Pará, Belém do Pará – PA, 2012.

FERNANDES, R. A. S. **Identificação de Fontes de Correntes Harmônicas por Redes Neurais Artificiais**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo, Brasil, 2009.

FEUER, A.; GOODWIN, G. C. **Sampling in Digital Signal Processing and Control**. 7ª Ed.: Universidade de Michigan, 2007. 541p.

GIRGIS, A.A.; CHANG, W.B.; MAKRAM, E.B. A digital recursive measurement scheme for online tracking of power system harmonics. **IEEE Trans. Power Delivery**, vol. 6, no. 3, pp. 1153–1160, 1991.

GOODWIN, G. C.; SIN, K. S. **Adaptive Filtering, Prediction and Control**. Prentice-Hall Information and System Sciences Series. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clis, NJ, 1984.

IEC 61000-4-7, **Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques - Guia Geral de Medição e Instrumentação de Harmônicos e Inter-harmônicos para Sistemas Supridores de Energia e equipamentos conectados**, 2003.

JACOBS, J. *et al*. **An overview of methods to determine the harmonics in three-phase systems**. In: Proceedings IEEE Young Researchers Symp. Electrical Power Engineering Distributed Generation, 2002.S. Rechka, T. Ngandui.

MARAFÃO, F.P. *et al*. **Repetitive-Based Control for Selective Active Filters Using Discrete Cosine Transform**. In: Brazilian Power Electronics Conference (Cobep). 2003.

OPPENHEIM, A. V.; WILLSKY, A. S. **Sinais e Sistemas**. Segunda. [S.l.]: **Pearson Education do Brasil**, 2010. ISBN 978-85-7605-504-4.

SEMLYEN, A., SHLASH, M. (2000). **Principles of modular harmonic power flow methodology**. In: Proceedings Generation Transmission and Distribution-IEEE, Vol.147, No.1. pp. 1-6. Dóci: 10.1049/ip-gtd:20000003.

SILVA, D. H. de J. **Processamento de Sinais para Monitoramento de Vibrações em Unidades Geradoras**

Hidrelétricas. Dissertação Universidade de Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

TONIELO, E. *et al.* Instalações elétricas de equipamentos eletro médicos: Avaliação dos impactos da qualidade de energia em Instituições de saúde. **Revista Sodebras [on line]**, v. 14, n.158, Fev./2019, p. 41-46. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N117.pdf>>. Acesso em 04 dez. 2019.

WU, J. C.; JOU, H. L. Simplified control method for the single-phase active power filter. **IEE Proceedings Electric Power Applications**, v. 143, n. 3, p. 219-224, maio 1996.

VII. COPYRIGHT

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

Submetido em: 06/01/2020

Aprovado em: 06/02/2020



DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLE DISCRETO PID DE TEMPERATURA PARA UMA CARGA RESISTIVA UTILIZANDO MÓDULO DIMMER E MICROCONTROLADOR ARDUINO

DEVELOPMENT OF A DISCRETE PID TEMPERATURE CONTROL TO A RESISTIVE LOAD USING DIMMER MODULE AND ARDUINO MICROCONTROLLER

Msc. THIAGO AVERALDO BIMESTRE ¹, Esp. CARLOS DOLBERTH JAEGER¹,
RAMON OLIVEIRA BORGES DOS SANTOS¹, LARISSA SILVA D'AVILA¹,
1 – CENTRO UNIVERSITÁRIO SALESIANO DE SÃO PAULO – UNISAL/LORENA
thiagobimestre@hotmail.com; carlos.jaeger@gmail.com; ramonobs98@gmail.com;
larissadavila65@gmail.com

Resumo - O projeto consiste no desenvolvimento de um sistema de controle PID discreto, controlando a temperatura de uma estufa aquecida por uma lâmpada incandescente. Integrando uma eletrônica embarcada simples e eficiente, foi possível desenvolver um modelo de função de transferência, aplicável em microcontroladores arduino. Podendo atuar em diversos projetos desse gênero, pois a lógica de programação não difere excessivamente dos demais projetos utilizando a função de transferência proposta. A placa microcontroladora BlackBoard Uno R3 foi utilizada como controlador pois através de estudos sobre teorias de controle notou-se que para a realização dos cálculos do modelo proposto necessitava de um processador robusto e preciso, pois realizaria os cálculos rotineiramente e ficaria exposto a choques mecânicos. Os resultados obtidos foram relevantes, o sistema apresentou um erro relativo ínfimo, pois foi utilizado o método empírico para determinar os valores das constantes K_p , K_i e K_d . O valor obtido foi próximo do set point, mostrando que o sistema de controle desenvolvido é extremamente confiável e eficiente, se tratando de um projeto open source a programação será disponibilizada gratuitamente.

Palavras-chave: Controle PID Discreto. Sistema de Controle. Arduino. Módulo Dimmer.

Abstract - The project consists in the development of a system of discrete PID control, controlling the temperature of an oven heated by an incandescent lamp. Integrating a simple and efficient electronic shipped, it was possible to develop a model of transfer function, applicable in the arduino microcontrollers. May act in several projects, of this kind because the programming logic does not differ too much from other projects using the transfer function of the proposal. Microcontroladora board BlackBoard Uno R3 was used as a controller because through studies on theories of control was noted that for the achievement of the proposed model calculations needed a robust and accurate processor, because it would make the calculations routinely and would be exposed to mechanical shock. The results obtained were relevant, the system showed a relative error negligible, since the empirical method was used to determine the values of the constants K_p , K_i and K_d . The value obtained was near the set point, showing that the control system developed is extremely reliable and efficient, if it comes to an open source project the programming will be available free of charge

Keywords: PID Control. Control System. The Arduino. Dimmer Module.

I. INTRODUÇÃO

1.1 – Microcontrolador Arduino

O Arduino faz parte do conceito de hardware e software livre e está aberto para uso e contribuição de toda sociedade. O conceito Arduino surgiu na Itália, em 2005, com o objetivo de criar um dispositivo para ser utilizado em projetos construídos de uma forma mais barata que outros sistemas disponíveis no mercado. O Arduino foi projetado com a finalidade de ser de fácil entendimento, programação e aplicação (SANTOS, 2015).

Pode-se designar o Arduino simplesmente como uma peça de Hardware ou um Software de desenvolvimento, porém vai muito além. Devido ao sucesso alcançado ao longo do tempo, existe uma enorme comunidade de pesquisadores e cientistas que usam essa tecnologia em seus projetos, por serem acessíveis financeiramente, com fácil aquisição de materiais e sensores, aplicada em diversos projetos. Em algumas situações podem ser desenvolvidas placas controladoras de forma independente sem a necessidade de adquirir uma no mercado nacional e internacional.

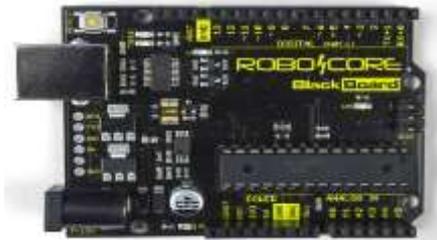
Os componentes utilizados com arduino permitem a construção de sistemas que percebem a realidade e responde com ações físicas desejadas. Ele é baseado em uma placa microcontrolada, com acessos de entrada e saída, e trabalha com bibliotecas desenvolvidas com funções para simplificar sua programação (SANTOS, 2015).

Nesse projeto foi utilizado a BlackBoard UNO R3 como pode ser observado na figura 1, é uma placa compatível com a placa Arduino UNO R3 produzida pela empresa Arduino. A placa BlackBord UNO R3 foi fabricada pela RoboCore uma empresa brasileira de tecnologia, como isso a maior parte do projeto está utilizando tecnologia totalmente nacional. Essa placa utiliza o microcontrolador Amega328 com suporte de entrada/saída embutido, a linguagem utilizada na programação foi a linguagem própria da arduino que tem origem e semelhança nas linguagens C/C++. O micro controlador foi utilizado para enviar os comandos necessários para o módulo dimmer utilizando

sinais PWM controlados pela função ZeroCross, para realizar o disparo do Triac corretamente realizando o controle ao enviar um determinado valor de corrente e tensão elétrica.

No próprio microcontrolador foi programado o controle PID discreto do projeto, para que isso fosse possível, foi utilizado o software Arduino IDE e foram criadas variáveis para armazenar o valor das constantes imprescindíveis para controle PID, tais como: KP, KI, KD, erro e SetPoint.

Figura 1 – Placa Microcontroladora BlackBoard



Fonte: RoboCore, 2019.

1.2 – Módulo Dimmer

Segundo ABESCO (2018), o Brasil tem perdas anuais por volta de mais de dez bilhões de reais, como resultado do mau uso da energia gerada anualmente, oriundas da desatualização de maquinários industriais, lâmpada e eletrodomésticos.

Para auxiliar na economia de energia estão sendo utilizadas cada vez mais tecnologias capazes de projetar sistemas automatizados. Esses sistemas corroboram em benefício da vida das pessoas e contribui para a comunidade em geral (ROCHA; MESTRIA, 2019).

Com isso notou-se a necessidade de criação de um sistema de controle inteligente, o projeto agrega um controle de temperatura eficiente aliando o baixo consumo de energia elétrica em seu funcionamento sendo um sistema econômico de baixo consumo energético.

O módulo dimmer para arduino é uma tecnologia desenvolvida pela iniciativa privada com o intuito de proporcionar a possibilidade de realizar o controle de potência a ser entregue a carga. Este módulo pode ser utilizado com uma potência até 800 W, não se recomenda utilizar este módulo para grandes cargas indutivas. Devem ser aplicados em cargas resistivas desde que não exceda a potência suportada pelo módulo.

O funcionamento do módulo dimmer baseia-se em um Triac BT137, geralmente utilizado para comutar a corrente elétrica alternada. Possuindo capacidade de dimerizar diversas lâmpadas incandescentes, controlando eletricamente a intensidade luminosa e consequentemente o seu consumo energético.

A principal característica de funcionamento desse dispositivo é a capacidade de realizar a interrupção do envio de corrente elétrica para um circuito através de uma regulação em seu gatilho de disparos que é programada através do Arduino, Raspberry Pi, Pic e etc. A entrada do módulo é conectada na rede externa, o módulo foi ligado em uma fonte de energia elétrica de corrente alternada com uma tensão elétrica de 127 Vac. De acordo com a figura 2 pode-se observar o módulo dimmer, e no site do fabricante encontra-se as referências e pode-se encontrar mais características do módulo.

Figura 2 – Módulo Dimmer para Arduino



Fonte: UsinaInfo Eletrônica e Robótica, 2019.

1.3 – Porta Zero Cross

A porta de saída ZC (Zero Cross) envia um aviso ao microcontrolador quando a tensão está cruzando o zero. Com isso o microcontrolador envia um pulso que retorna ao módulo dimmer através da porta DIM, sendo essa porta responsável pelo controle da potência a ser enviada para a carga. Nesse projeto o controle realizado foi de luminosidade de uma lâmpada incandescente sendo realizado com o chaveamento do Triac BT137. O controle dessa grandeza afetará diretamente o valor de temperatura lido pelo sensor de temperatura, logo quanto maior for a luminosidade maior será a temperatura.

1.4 – Sensor de Temperatura LM35

O LM35 é um sensor de temperatura de precisão em graus centígrados que consiste em um circuito integrado aparentando ser um transistor comum de encapsulamento TO-92 de 3 pinos, porém existem outras versões de encapsulamento, como a TO-220. Este sensor foi utilizado para medir a temperatura da lâmpada, sua faixa de trabalho está entre -40°C até 150°C , apresenta-se na figura 3 uma imagem do sensor utilizado.

Figura 3 – Sensor de Temperatura LM35



Fonte: UsinaInfo Eletrônica e Robótica, 2019.

1.5 – Atuador

O Atuador selecionado para este projeto foi uma lâmpada Incandescente de 127V com a potência de 100 W, selecionou-se esse atuador pois seria utilizado como uma fonte de calor e sua potência é adequada para aplicação no projeto, assim foi possível observar o desempenho do controlador durante seu funcionamento. Vale salientar que poderia ser utilizado qualquer outro atuador resistivo como uma lâmpada halógena ou uma resistência elétrica, desde que não extrapole as especificações do módulo dimmer.

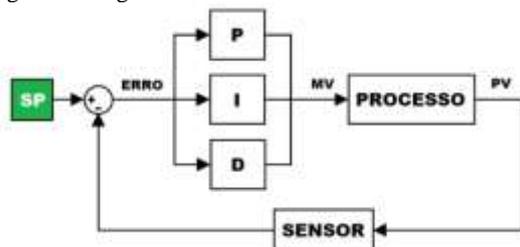
1.6 – Controle PID

O controle PID (Proporcional Integral e Derivativo), é utilizado para minimizar a característica de oscilação do processo. O controle faz isso usando as ações proporcional, integral e derivativa. Dessa forma elimina erros de desvio de controle e para gerenciar movimentos rápidos do processo. Todos os três termos PID precisam ser ajustados

adequadamente com os requisitos da aplicação para alcançar o melhor controle.

O Controle PID é utilizado em diversos sistemas de controle de processos, controlando grandezas como temperatura, velocidade, rotação e pressão. Tipicamente aplicações desafiadoras, como processos industriais de tratamento térmico, fornos e esteiras rolantes usam controladores PID, bem como no setor científico e de laboratório, onde precisão e confiabilidade são essenciais para a qualidade de uma aplicação de controle. Na figura 4 é apresentado o algoritmo do controle PID em malha fechada.

Figura 4 – Algoritmo do Controle PID em Malha Fechada



Fonte: Novus, 2019.

1.6 – Formulação Matemática do Controle PID

1.6.1 – Formulação Matemática do Controle Proporcional

A denominação do controle proporcional será apresentada pela sigla **Mvp**, representando significativamente a variável manipulada do controle proporcional apresentado pela equação 1.

$$Mvp = Kp \times e \quad (1)$$

Onde:

Mvp: Variável Manipulada no Controle Proporcional

Kp: Ganho Proporcional do Controlador

e: Erro

Sendo o erro determinado pela diferença do valor medido pelo sensor com o valor desejado o Set Point.

A ação proporcional ao erro é a essência do controle em malha fechada. O aumento da constante proporcional Kp tem o efeito de diminuir o tempo de subida, fazendo com que o controle tenha um tempo de ação rápida, porém valores altos podem levar a oscilação e instabilidade.

1.6.2 – Formulação Matemática do Controle Integral

A denominação do controle integral será representada pela sigla **Mvi**, representando significativamente a variável manipulada do controle integral sendo apresentado pela equação 2.

$$Mvi = Ki \times \int e dt \quad (2)$$

Onde:

Mvi: Variável Manipulada no Controle Integral

Ki: Ganho Integral do Controlador

e: Erro

A sua principal função no controle é eliminar o erro em regime permanente, fazendo que o controle seja preciso.

1.6.3 – Formulação Matemática do Controle Derivativo

A denominação do controle derivativo será representada pela sigla **Mvd**, representando significativamente a variável manipulada do controle derivativo, apresentado pela equação 3.

$$Mvd = Kd \times \frac{de}{dt} \quad (3)$$

Onde:

Mvd: Variável Manipulada no Controle Derivativo

Kd: Ganho Derivativo do Controlador

$\frac{de}{dt}$: Derivada do Erro em função do tempo

A sua principal função no controle é melhorar a resposta aos distúrbios e diminuir oscilações que possam ocorrer no processo.

1.6.4 – Formulação Matemática Completa do Controle PID

A denominação do controle proporcional, integral e derivativo conhecido também como controle PID será representada pela sigla **Mv**, significando a variável manipulada do controle PID, como é representada na literatura encontrada no trabalho de FRANCHI (2014), a equação 4 representa o controle PID.

$$Mv = (Kp \times e) + (Ki \times \int e dt) + (Kd \times \frac{de}{dt}) \quad (4)$$

Onde:

Mv: Variável Manipulada do Controle PID

Kp: Ganho Proporcional do Controlador

Ki: Ganho Integral do Controlador

Kd: Ganho Derivativo do Controlador

$\int e dt$: Integral do Erro

$\frac{de}{dt}$: Derivada do Erro em Função do Tempo

e: erro

1.7 – Controle PID Discreto

Como o sistema é digital, o valor de temperatura é obtido apenas em alguns instantes. O programa utiliza estes valores e calcula o valor de saída para o atuador. O tempo total que o controlador leva para todo este processo é chamado Tempo de Varredura ou Scan Time. Quanto menor este tempo mais próximo o controle discreto será de um modelo teórico contínuo.

II. METODOLOGIA

2.1 – Função de Transferência do Controle PID Discreto Utilizado no Projeto

2.1.1 – Controle Proporcional Discreto

A denominação da variável manipulada do controle proporcional discreto será apresentada pela letra **p**, apresentada pela equação 5:

$$p = Kp \times e \quad (5)$$

Onde:

p: Variável Manipulada do Controle Proporcional Discreto

Kp: Ganho Proporcional do Controlador

e: erro

2.1.2 – Controle Integral Discreto

A denominação da variável manipulada do controle integral discreto será apresentada pela letra **i**, apresentada pela equação 6:

$$i = Ki \times ei \quad (6)$$

O erro integral atual é representado pelo erro integral anterior somado com erro atual, apresentado na sigla **ei** disposto na equação 7.

$$ei = ei + e \quad (7)$$

Onde:

i: Variável Manipulada do Controle Integral Discreto

Ki: Ganho Integral do Controlador

ei: Erro Integral

e: Erro Atual

2.1.3 – Controle Derivativo Discreto

A denominação da variável manipulada do controle derivativo discreto será apresentada pela letra **d**, apresentada pela equação 8:

$$d = Kd \times (e - ea) \quad (8)$$

O erro anterior apresentado na sigla **ea** é representado pelo último valor de erro calculado pelo controle, como apresentado na equação 9. Com isso deve-se compreender que o valor do erro anterior será o valor do último erro calculado, ou seja do loop anterior.

$$ea = e \quad (9)$$

Onde:

d: Variável Manipulada do Controle Derivativo Discreto

Kd: Ganho Derivativo do Controlador

ea: Erro Anterior

e: Erro Atual

Esse controle é responsável pelas variações da planta, nesse caso como a temperatura varia lentamente foi admitido um valor pequeno de Kd.

2.1.4 – Controle PID Discreto

Logo a função de transferência do controle PID discreto é a soma dos valores obtidos no controle proporcional, integral e derivativo, a denominação da variável manipulada do controle PID discreto será apresentada pela sigla **pid**, apresentada pela equação 10:

$$pid = (Kp \times e) + (Ki \times ei) + (Kd \times (e - ea)) \quad (10)$$

Onde:

pid: Variável Manipulada do Controle PID Discreto

ei: Erro Integral

e: Erro Atual

Kp: Ganho Proporcional do Controlador

Ki: Ganho Integral do Controlador

Kd: Ganho Derivativo do Controlador

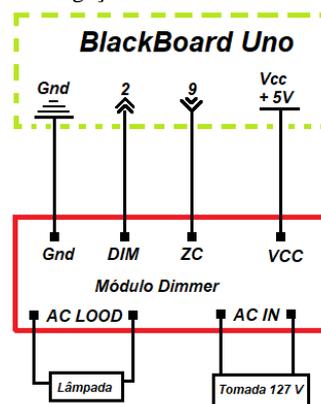
Vale salientar que as funções do controle proporcional,

integral e derivativo em um sistema de controle PID discreto são exatamente as mesmas que em um sistema de controle PID em tempo contínuo comumente utilizado em projetos de sistemas de controle.

2.1.5 – Esquema Elétrico da Ligação do Módulo Dimmer

De acordo com a figura 5 é apresentado o esquema elétrico do módulo dimmer, onde a sigla GND é o pino terra do arduino e VCC é o pino de 5 V, e a porta DIM do módulo será ligada na porta digital 2 do arduino e a porta ZeroCross denominada ZC na porta digital 9 do arduino.

Figura 5 – Ligação Elétrica do Módulo Dimmer



Fonte: Autores, 2019.

III. RESULTADOS

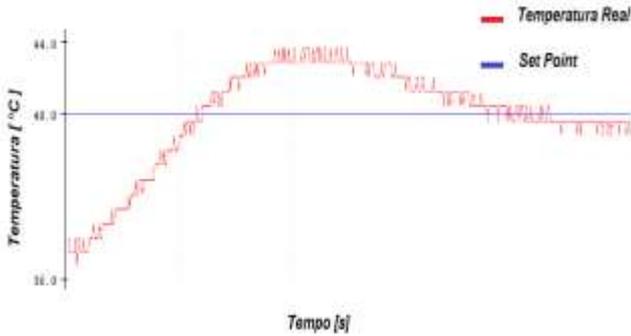
O projeto nos possibilitou aprender a operar e analisar de forma coerente os conceitos de controle PID. O programa possibilita de maneira eficiente e viável financeiramente o controle de temperatura.

Os Resultados obtidos foram satisfatórios, com uma taxa de erro baixa, o valor atribuído para o Set Point foi de 40°C, com isso bastava encontrar os valores plausíveis de KP, KI e KD, foram estipulados para KP o valor de 1.3, para KI o valor de 0.07 e para KD o valor de 0.05, para obtenção desses valores foi utilizado o método empírico.

3.1 – Programação

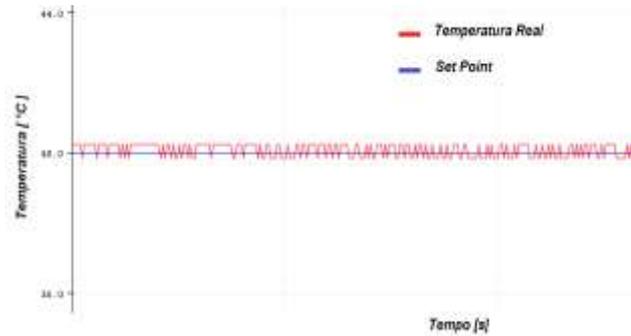
A programação será disponibilizada gratuitamente, a todos da comunidade que se interessarem no projeto, para ter acesso a programação, o pesquisador deve entrar em contato com os autores por e-mail, onde será disponibilizado toda a programação utilizada no projeto. Após a definição das variáveis utilizadas, foi realizado a programação no geral, criação do comando PWM gerado pelo função ZeroCros, desenvolvimento dos cálculos de erro, p, i, d, PID, também apresentar os valores obtidos fossem apresentados no Plotter Serial e Monitor Serial, como ilustra as imagens a seguir, na figura 6 é apresentado a leitura da temperatura no Plotter Serial do Arduino no começo da medição, na figura 7 é apresentado o resultado da temperatura quando o regime estável, na figura 8 é apresentado o resultado obtido no Monitor Serial, onde é comprovado uma pequena diferença na medição causada pelo controle digital, pois é típico de controladores digitais causar pequenas variações, porém é um valor ínfimo, podendo concluir que o valor de temperatura lido pelo sensor está plausível.

Figura 6 – Gráfico da Temperatura no Começo da Medição



Fonte: Autores, 2019.

Figura 7 – Gráfico da Temperatura em Regime Estável



Fonte: Autores, 2019.

Figura 8 – Resultado da Temperatura no Monitor Serial

```
Setpoint:40.00 Temperatura:40.24 pid:10.87
40.00 40.24
Setpoint:40.00 Temperatura:39.84 pid:11.41
40.00 39.84
Setpoint:40.00 Temperatura:40.24 pid:10.87
40.00 40.24
Setpoint:40.00 Temperatura:39.84 pid:11.41
```

Fonte: Autores, 2019.

3.2 – Temperatura Média e Obtenção do Erro Absoluto e Relativo na Medição

3.2.1 – Temperatura Média

Com os valores obtidos pelo sensor Lm35 durante o controle, como observado na figura 8, obteve-se uma pequena variação nos valores de temperatura, tendo em vista a não linearidade do controle apresentada anteriormente, denominou-se temperatura superior de 40,24 °C e temperatura inferior de 39,84 °C, assim foi possível calcular a temperatura média **T_m** obtida através dessa variação como observado na equação 11 e 12.

$$T_m = \frac{40,24 + 39,84}{2} \quad (11)$$

$$T_m = 40,04 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (12)$$

3.2.2 – Erro Absoluto

O erro absoluto denominado **E_a**, foi obtido através da subtração entre a temperatura superior e temperatura inferior, como pode ser observado na equação 13 e 14.

$$E_a = 40,24 - 39,84 \quad (13)$$

$$E_a = 0,4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (14)$$

3.2.3 – Erro Relativo

Foi denominado como **E_r** o erro relativo, sendo o quociente entre o erro absoluto e o valor da temperatura média, foi multiplicado por cem para o resultado ser expresso em porcentagem, como pode ser observado na equação 15 e 16.

$$E_r = \left(\frac{0,4}{40,04} \right) \times 100 \quad (15)$$

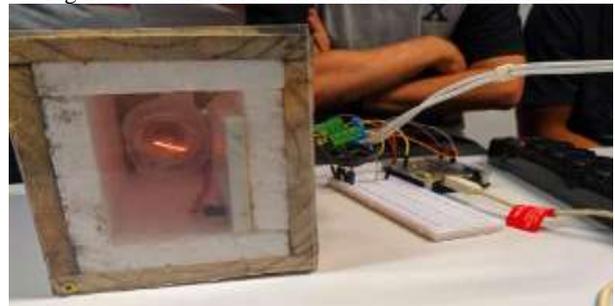
$$E_r = 0,9 \text{ } \% \quad (16)$$

Nesse projeto de controle de temperatura o erro relativo foi inferior a 5 por cento, sendo o valor do erro obtido foi de 0,9 por cento.

3.3 – Projeto em funcionamento

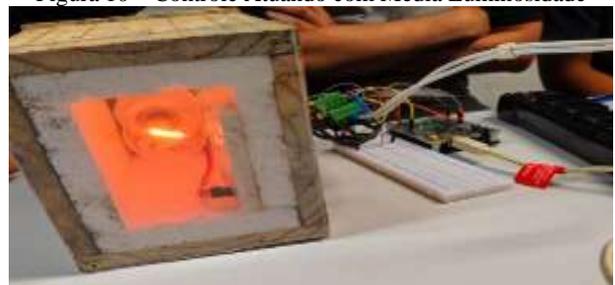
A montagem consistiu em uma estrutura de madeira revestida internamente com isopor para uma melhor isolamento térmica. A lâmpada foi inserida na parte interna da estrutura, na parte frontal da estrutura foi inserido o sensor de temperatura lm35. O sistema foi isolado para que a temperatura externa não interferisse na temperatura da lâmpada medida pelo sensor LM35, de acordo com as figuras 9, 10 e 11 pode ser observado o projeto montado e em funcionamento.

Figura 9 – Controle Atuando com Baixa Luminosidade



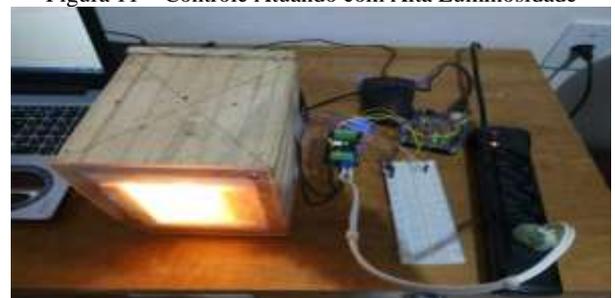
Fonte: Autores, 2019.

Figura 10 – Controle Atuando com Média Luminosidade



Fonte: Autores, 2019.

Figura 11 – Controle Atuando com Alta Luminosidade



Fonte: Autores, 2019.

IV. CONCLUSÃO

O projeto agregou diversos conhecimentos ao grupo de pesquisa, tanto na montagem, como na programação com o microcontrolador, este projeto explorou novas ferramentas tecnológicas de sistemas de controle, a própria Blackboard Uno R3 se mostrou na prática um microcontrolador muito eficiente apresentando uma ótima performance durante a execução do projeto realizando o controle PID de temperatura de maneira funcional. Vale salientar que o projeto é extremamente viável financeiramente, outro aspecto relevante é a questão de eficiência energética, pois com um controle preciso o consumo de energia elétrica, é relativamente menor comparado ao um sistema de controle On/Off que ainda é amplamente utilizado em muitos sistemas de controle de equipamentos. Com o controle PID aplicado nesse projeto é possível realizar esse controle de potência a ser entregue para a carga, não ocorrendo perdas e desperdícios de energia elétrica em excesso, com isso concluiu-se que esse tipo de controlador não tem como prioridade o alto consumo de energia elétrica para a carga no qual foi submetido.

Os resultados obtidos foram relevantes e precisos, esse projeto de controle de temperatura pode ser utilizado em ambientes e condições diferentes ao que foi submetido, podendo ser utilizados com os mesmos equipamentos ou realizando algumas adequações no projeto, o projeto segue a linha de projeto open source com isso o projeto será disponibilizado a toda comunidade científica, podendo ser utilizado em diversos projetos, ficando à disposição do usuário para realizar alterações necessárias. Como o controle está bem ajustado para o ambiente que foi utilizado mesmo utilizando método empírico, foi possível adquirir dados de maneira precisa, esse projeto da maneira que se encontra pode ser aplicado a temperaturas compatíveis com o sensor de temperatura Lm35, bastando alterar o valor da variável Set Point, a função de transferência obtida e a eletrônica embarcada, pode ser utilizada em outros projetos desse intuito em que será realizado um controle PID discreto, dependendo do projeto deverá realizar as alterações necessárias.

O projeto ainda está em desenvolvimento, as melhorias são constantes a próxima etapa para os pesquisadores será aplicar técnicas de sistemas de controle, para obter uma sintonia ideal para o controlador, ocasionando assim um sistema de controle ainda mais preciso e com uma atuação ainda mais rápida. As técnicas utilizadas serão o método de sintonização de Ziegler-Nichols em controle de malha fechada, contribuindo de maneira relevante para os projetos que utilizem teorias de sistemas de controle com microcontrolador arduino.

V. REFERÊNCIAS

ABESCO - Associação Brasileira das empresas de Serviços de Conservação de Energia. Disponível: <http://www.abesco.com.br/pt/novidade/desperdicio-deenergia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos>. 2017. Acesso em: 10 jan. 2020.

FRANCHI, Claiton Moro. **Controle de Processos Industriais: Princípios e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014, p. 1-255.

NOVUS. **Controle PID: Rompendo a Barreira do Tempo**. Disponível em:

<https://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=053663&SecaoID=0&SubsecaoID=0&Template=../artigosnoticias/ser_exibir.asp&ID=736280&Idioma=55#>. 2019. Acesso em: 26 dez. 2019.

ROBOCORE. **BlackBoard UNO R3**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/arduino/arduino-blackboard>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

ROCHA, Wycor Fogos da; MESTRIA, Mário. SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO BASEADO EM SENSORES DE PRESENÇA E BLUETOOTH. **Revista Sodebras [online]**, v. 14, n. 163, p.32-38, 10 jul. 2019. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N163.pdf>>. Doi: <http://dx.doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.163.32>. Acesso em: 10 jan. 2020.

SANTOS, Bruno Feu de Brito. **Alimentador automático para animais utilizando Arduino**. 2015. 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/139072>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

USINAINFO ELETRÔNICA E ROBÓTICA. **Módulo Dimmer para Arduino / Pic MC-8A com sinal Zero Cross**. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/dimmer-arduino/modulo-dimmer-para-arduino-pic-mc-8a-com-sinal-zero-cross-2799.html>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

USINAINFO ELETRÔNICA E ROBÓTICA. **Sensor de temperatura LM35 para Projetos**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-temperatura-arduino/sensor-de-temperatura-lm35-para-projetos-3099.html?search_query=lm35&results=9>. Acesso em: 26 dez. 2019.

VII. COPYRIGHT

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

Submetido em: 08/01/2020
Aprovado em: 13/02/2020



EMPREGO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE, PARA REDUZIR O ÍNDICE DE AVARIAS E OS CUSTOS COM SEGURO NO PROCESSO LOGÍSTICO DE UMA AUTOMOBILÍSTICA

EMPLOYMENT OF QUALITY TOOLS TO REDUCE THE FAILURE INDEX AND SAFE COSTS IN THE LOGISTIC PROCESS OF AN AUTOMOBILE

MARCELA DELESPOSTIS BARROSO SILVA¹; NILO ANTONIO DE SOUZA SAMPAIO²; JOSÉ GLÊNIO MEDEIROS DE BARROS²; ANTONIO HENRIQUES DE ARAUJO JUNIOR²

1 – DISCENTE DA UERJ-FAT; 2 - DOCENTES DA UERJ-FAT

marceladelespostis@yahoo.co.uk, nilo.samp@terra.com.br, glenio.barros@gmail.com;

anthenriques2001@yahoo.com.br

Resumo - As empresas buscam continuamente melhoria de seus processos a partir da aprimoração de etapas, redução de custos e defeitos de seus produtos e/ou serviços. O projeto alvo deste artigo analisa postos de trabalho dentro de uma montadora automotiva de veículos leves localizada na região Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro a partir da aplicação da metodologia Lean Six Sigma e uma ferramenta de seu conjunto de práticas conhecida como DMAIC. A questão tratada pelo presente estudo surgiu da necessidade de adaptar o processo de montagem existente para absorver operações resultantes da produção de um novo veículo. Defeitos vinculados a itens de segurança, mais especificadamente, fixações de segurança, começaram a surgir na linha final de montagem dos veículos e seus reflexos medidos através do nível de retrabalho, que agrega custo à produção e além de aumentar o custo de produção, retrabalhos ligados a itens de segurança estão diretamente relacionados à preservação da vida dos usuários dos veículos, devendo ser tratados com total urgência e agilidade. A aplicação de ferramentas da qualidade presentes dentro do DMAIC sinalizou a atividade de fixação do enrolador dianteiro esquerdo do cinto de segurança como a operação com maior nível de retrabalho, devido a não conformidade na aplicação do torque e, portanto, devendo ser priorizada pelo estudo. Assim, decidiu-se por um projeto de melhoria com abordagem Six Sigma, atuando na causa raiz do problema para redução significativa do número de defeitos, níveis de retrabalho e custos de fabricação.

Palavras-chave: *Lean Six Sigma. DMAIC. Qualidade. Segurança. Fixação do Enrolador Dianteiro Esquerdo do Cinto de Segurança.*

Abstract – Companies seek to improve their processes through step optimization, cost reduction and defects in their products and / or services. The target project of this article analyzes the jobs in an automotive vehicle manufacturer located in the Rio de Janeiro state's South Fluminense region from the application of the Lean Six Sigma methodology and a tool from its set of practices known as DMAIC. The issue addressed by the present study arose from the need to adapt or process the existing assembly process to absorb the production operations of a new vehicle. Defects linked to safety items, more specifically safety fixings, catches and surgeries on the final vehicle assembly line and their reflexes measured through the level of rework, which adds production cost. In addition to increasing or reducing the cost of production, items linked to safety items are directly related to preserving the life of vehicle users and should be displayed

with complete urgency and agility. The application of quality tools present within the DMAIC signaled a fastening activity of the left front seat belt engraver, as a higher rework operation due to non-application of torque application and, therefore, should be prioritized by the study. Thus, select whether a Six Sigma approach improvement project, acting on the root cause of the problem, significantly reduces the number of defects, rework levels and manufacturing costs.

Keywords: *Lean Six Sigma. DMAIC. Quality. Safety. Fastening the Front Left Seat Belt Reel.*

I. INTRODUÇÃO

1.1 - Definição de Qualidade

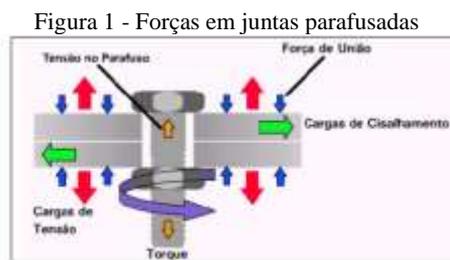
Segundo Armand Vallin Feigenbaum, o criador do TQC - Total Quality Control, qualidade nada mais é que, a soma dos esforços de toda a organização para satisfazer o cliente, nas suas próprias palavras, “A *qualidade é o que o usuário, o cliente, diz que é*”. Para ele, a qualidade precisava estar embutida no produto ou serviço desde o começo, conforme desejos e interesses do cliente.

Segundo essa mesma linha de pensamento, o guru japonês da qualidade Kaoru Ishikawa (CARAVANTES, 1997) afirma "a qualidade é uma revolução da própria filosofia administrativa, exigindo uma mudança de mentalidade de todos os integrantes da organização, principalmente da alta cúpula". Nesse contexto amplo, a qualidade deixa de ser atributo apenas do produto ou serviço e passa a ser parte de algo muito maior, envolvendo a empresa como um todo.

1.2 - Fixações

Segundo Atlas Copco (2003), apesar de haver várias formas de fixar peças e componentes uns aos outros, como por exemplo, utilizando cola, rebites e solda, o método mais comum é por meio da utilização de parafuso como elemento de fixação para unir as partes da junta com uma porca ou diretamente em um furo rosqueado em um dos componentes. Esse método é vantajoso pela simplicidade do projeto e do processo de montagem, facilidade de desmontagem, produtividade e custo.

Durante o processo de fixação, esse elemento pode ser exposto a diferentes cargas, sendo elas de tensão, normal, torção e, axiais de compressão por vezes, também a uma carga de cisalhamento. Quando apertado à extensão projetada, essa tensão no elemento de fixação é conhecida como pré-tensão. A carga de tensão corresponde à força que une as partes da junta. Cargas externas que são inferiores à força de união não mudarão a carga de tensão no parafuso. Por outro lado, se a junta for exposta a cargas externas mais altas do que a pré-tensão no parafuso, a junta será separada e a carga de tensão no parafuso irá aumentar naturalmente até que o parafuso quebre.



Fonte: Atlas Copco, 2003.

Ainda segundo Atlas Copco (2003), o torque pode ser medido dinamicamente, enquanto o parafuso é apertado, ou estaticamente, conferindo o torque com um torquímetro após o aperto. É normalmente usado na especificação da pré-tensão do elemento de fixação. As especificações de torque variam consideravelmente conforme as demandas de qualidade da junta e especificação de projeto.

A partir desses conceitos, é indiscutível a importância da junta no cinto de segurança de um veículo, não sendo permissíveis falhas com requisitos de tolerância muito rígidos, diferentemente, por exemplo, de uma porca aplicada para prender um parafuso usado no ajuste de altura de uma bancada.

1.3 - Lean Manufacturing

De acordo com Werkema (2012), o Lean Manufacturing, do inglês fabricação enxuta, é uma filosofia com objetivo de eliminar desperdícios, seus dois pilares são os conceitos Just in Time (JIT), com produção sob demanda para reduzir estoques e custos extras, e Jidoka que significa automação, ou seja, automação com um toque humano.

Ohno (1997) definiu o Sistema Toyota de Produção analisando-o com a Engenharia de Produção, afirmando “(...) para mim a engenharia de produção não é uma tecnologia parcial de produção, mas sim uma tecnologia total de manufatura, atingindo toda a empresa. A engenharia de produção é um sistema e o Sistema Toyota de Produção, é uma engenharia de produção ao estilo da Toyota. Porém, o Sistema Toyota de Produção difere-se da engenharia de produção tradicional no seguinte aspecto, o Sistema Toyota de Produção é gerador de lucro”.

A ideia básica deste sistema é minimizar o consumo de recursos que não agreguem valor ao produto (HOLWEG, 2007). Assim, Ohno (1997) identificou nove tipos de desperdícios que devem ser eliminados, sendo eles:

1. Superprodução – produzir itens para os quais não há encomendas, gerando custos para produção e armazenamento;
2. Espera – trabalhadores esperando a próxima etapa de processamento da máquina ou aguardando a

chegada de ferramentas, suprimentos ou simplesmente estar ocioso por conta de rupturas, atrasos de processamento, tempo de inatividade e/ou gargalos de capacidade de produção;

3. Transporte – movimentação desnecessária de material;

4. Retrabalho – ineficiência no processo de fabricação de um produto ou no processo de engenharia do produto, gerando operações extras de reprocessamento e defeitos na produção;

5. Inventário – todo material produzido, matéria-prima, estoque existente no meio da linha de produção que não foi solicitado pelo cliente. Grande volume de estoque oculta problemas como desequilíbrios na produção, atrasos na entrega dos fornecedores e defeitos;

6. Defeito – produtos finais com especificações diferentes das requeridas pelos clientes. O reparo, retrabalho, sucata, a produção por substituição e inspeção significam manipulação com desperdício, tempo e esforço;

7. Movimento – movimento desnecessário por parte do colaborador, por vezes devido a layout, defeitos, reprocessamento, superprodução, excesso de inventário, desperdiçando tempo a procura de peças ou ferramentas;

8. Womack e Jones (1996) identificaram o oitavo desperdício:

9. Subutilização (intelectual) – subutilização da capacidade intelectual das pessoas nas organizações, de suas ideias e criatividade;

1.4 - FMEA

A sigla FMEA é a abreviação para *Failure Mode and Effects Analysis*, ou seja, Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos. Trata-se de uma técnica de avaliação usada para identificar todos os possíveis tipos de falhas dos processos e a influência de seus efeitos nos clientes. É um método analítico para detectar e eliminar problemas em potencial, de forma sistemática e completa, identificando, mapeando e quantificando os riscos. Segundo Stomatis (1995) existem quatro principais tipos de FMEA: FMEA de sistema, produto, processo e serviço, com diferentes focos de análise.

O objetivo do FMEA é descobrir:

- ✓ Quais são as partes do processo afetadas?
- ✓ Que tipo de falha poderá ocorrer na etapa?
 - ✓ Quais serão os efeitos e riscos da falha para o cliente?
 - ✓ Qual é a frequência da falha?
 - ✓ Como preveni-la ou detectá-la?
 - ✓ Qual é a relevância da falha?

A execução do FMEA deve ser contínua, acompanhando o ciclo de desenvolvimento do produto (BERTSCHE, 2008).

1.5 - SIPOC

Abreviação do inglês para fornecedores (Suppliers), entradas (Inputs), processo (Process), saídas (Outputs) e clientes (Customers). Possui uma estrutura bastante simples para mapeamento de processos que permite esclarecer as etapas do processo, definindo e formalizando diversos fatores que impactam diretamente na execução do trabalho.

É uma ferramenta que mostra a relação entre fornecedores, as entradas “X”, as saídas “Y” e os clientes de um processo delimitando a área de atuação da melhoria, ou seja, o escopo.

A seguir o procedimento para elaboração do SIPOC:

- ✓ Definir o alcance do processo: início e fim;
- ✓ Identificar os clientes;
- ✓ Identificar as exigências do cliente na saída do processo;
- ✓ Identificar as entradas do processo;
- ✓ Identificar os fornecedores do processo;
- ✓ Validar o SIPOC com o dono do processo.

1.6 - Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma representação gráfica que permite priorizar a resolução de problemas através de um princípio chamado 80-20. O conceito de que, na maioria das situações, 80% das consequências é resultado de 20% das causas foi fruto de um estudo de Vilfredo Pareto sobre distribuição de renda, onde ele descobriu que 80% da riqueza estava concentrada em cerca de 20% da população.

Utilizado para organizar os problemas em categorias de acordo com a frequência, podendo ser muito útil para tratar não conformidades, identificar pontos de melhoria e definir planos de ação que devem ser priorizados.

O Diagrama de Pareto apresenta um gráfico de barras que permite priorizar os problemas a serem resolvidos, por meio das frequências de cada uma das ocorrências, da maior para a menor, é possível visualizar que, na maioria das vezes, há muitos problemas menores diante de outros mais graves e significativos, que representam maiores perdas para a organização.

1.7 - Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou ainda Diagrama Espinha de Peixe, devido a seu formato bem característico, é um gráfico com a finalidade de organizar o raciocínio em discussões para resolução de um problema. Originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 e aperfeiçoado nos anos seguintes. Seu objetivo é representar a relação entre um “efeito” e suas possíveis “causas”, sendo utilizado para descobrir, organizar e resumir conhecimento de um grupo de profissionais a respeito das possíveis causas que contribuem para um determinado efeito, ou seja, um efeito indesejado, um problema a ser solucionado. Sua composição leva em consideração que as causas do problema podem ser classificadas em 6 diferentes tipos de causas principais que afetam o processo: Método, Máquina, Medida, Meio Ambiente, Mão de obra e Material. Algumas literaturas a descreve como Análise 6M pelo fato das seis causas principais iniciarem com a letra M.

1. Método (Methods) - O primeiro “M” está relacionado aos Métodos utilizados para a realização da atividade, sejam eles os padrões, procedimentos, instrução, etc., todo documento que norteia a ação do executor.
2. Máquinas (Machines) - Está relacionada a falhas em equipamentos, máquinas que realizam a atividade, mas que, por motivos operacionais ou de manutenção, não cumprem parcial ou integralmente sua função, comprometendo a qualidade ou colapsando todo o processo;

3. Materiais (Materials) - Materiais ou matéria-prima utilizada no trabalho que pode ser a causa de problemas. Normalmente está ligada aos fornecedores, por isso, para associar as possíveis causas a este “M”, em muitos casos é preciso uma análise bem detalhada e aprofundada para esta determinação.
4. Mão de obra (Manpower) - Toda causa que envolve uma atitude do colaborador, como por exemplo, procedimento inadequado ou não seguido, pressa, imprudência, ato inseguro, etc.
5. Meio Ambiente (Mother Nature) - Este “M” está relacionado a duas condições básicas para a execução de qualquer tarefa, o meio ambiente em si, que seria a situação climática do local, ou seja, calor, umidade, particulados em suspensão, etc., o ambiente de trabalho, a chamada ergonomia que abrange dimensionamento das áreas e postos de trabalho, posicionamento dos equipamentos, entre outros.
6. Medidas (Measure) - Quando a causa envolve os instrumentos de medida, a calibração, a confiabilidade e a fidelidade da variação dos indicadores, o acompanhamento dos mesmos, a periodicidade e a repetibilidade dos resultados, etc.

1.8 - Brainstorming

Brainstorming é um termo da língua inglesa que significa ‘tempestade de ideias’. A técnica do brainstorming utiliza uma base quantitativa. Segundo Sampaio *et al* (2019) e para Colenghi (2007) o processo parte de reunir um grupo de pessoas e apresentar a este determinado problema. Segundo Baxter (2008) baseia-se no princípio “quanto mais ideias, melhor”. Geralmente é realizada em grupos com no mínimo 6 pessoas, onde uma delas será responsável por direcionar e manter o foco da reunião.

Wechsler (2002) e Alencar (2000) nos trazem quatro regras para garantir o sucesso dessa técnica:

- ✓ Não criticar – ideias não podem ser criticadas, pois tal atitude tende a bloquear os participantes;
- ✓ Suspende julgamentos – quanto mais ideias, melhor, pois com um grande volume de ideias, aumentam as chances de surgirem ideias valiosas;
- ✓ Pegar carona na ideia dos outros – complementando e aperfeiçoando ideias trazidas;
- ✓ Criar um ambiente de humor livre de punições – ajuda a remover distrações e problemas que os participantes possam ter ao concentrar a mente na geração de ideias;

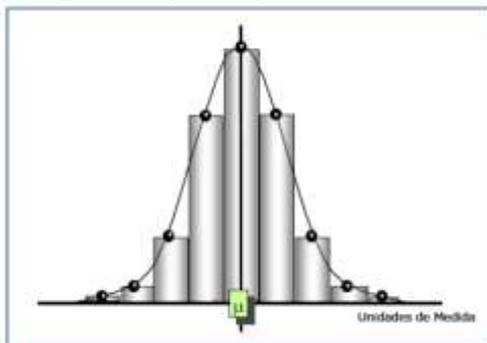
Na etapa de avaliação das ideias as regras sobre críticas e julgamentos devem ser ignoradas, pois é o momento de avaliar o que foi produzido, conforme afirma Alencar (2000). Em uma etapa posterior, as ideias serão revisadas, aperfeiçoadas e, então, avaliadas, selecionando as com maior relevância na resolução do problema.

1.9 - Seis Sigma

Seis Sigma pode ser visto como uma meta de cometer apenas 3,4 defeitos para cada milhão de vezes que o processo for executado, em outras palavras, refere-se a redução na variação do resultado entregue aos clientes a uma taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de perfeição. Segundo Sheehy (2002), em processos industriais

estáveis, as variações ocorrem dentro de faixas que são conhecidas como limites de especificação, ou de tolerância (LIE – Limite Inferior de Especificação, e LSE – Limite Superior de Especificação) que definem os critérios para aprovação do resultado final esperado, previamente estabelecido pelos clientes. Esta dispersão, considerando uma distribuição normal, ocorre em relação a um ponto central e a média e a distância destes pontos dispersos em relação à média é conhecida como desvio padrão. A partir destas condições, e com base no histórico do processo, é possível estabelecer a probabilidade de ocorrência destes resultados, representada pela curva de distribuição normal, com maior probabilidade de ocorrência no ponto médio e com menor probabilidade de ocorrência à medida que os resultados se distanciam da média, conforme apresentado na figura 2.

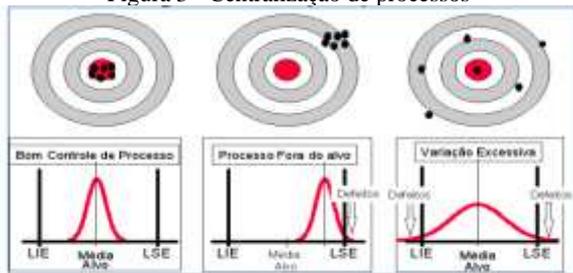
Figura 2 - Representação da curva normal



Fonte: DE JESUS, 2012.

Logo, quanto maior o desvio padrão, maior a variação esperada, o Seis Sigma busca a redução na dispersão centralizando o processo e reduzindo a probabilidade de ocorrência de defeitos conforme figura 3.

Figura 3 - Centralização de processos



Fonte: DE JESUS, 2012.

A escala sigma do processo pode ser calculada pela conversão do índice de defeitos por milhão de oportunidades, conhecida como DPMO, demonstrada na equação abaixo:

$$DPMO = \frac{\text{Número de Defeitos Encontrados}}{N^{\circ} \text{total de Unidades} \times \text{de Oportunidades de Defeito}} \times 10^6$$

O valor de DPMO obtido na equação deve ser substituído na tabela de conversão para a escala Sigma (tabela 1), possibilitando a verificação do nível Sigma do processo em questão.

Tabela 1 - Tabela de conversão para escala Sigma

± Nível sigma do limite de especificação	(%) Distribuição Centralizada	*DPMO Distribuição Centralizada	(%) Distribuição 1,5 Sigma	*DPMO Distribuição 1,5 Sigma
1	68,2689480	317310,520	30,232765	697672,15
2	95,4499676	45500,124	69,122979	308770,21
3	99,7300066	2699,934	93,318937	66810,63
4	99,9936628	63,372	99,379630	6209,70
5	99,9999426	0,574	99,976733	232,67
6	99,9999998	0,002	99,999660	3,4

Fonte: DE JESUS, 2012.

1.10 - DMAIC

O DMAIC é um ciclo de aprimoramento orientado a dados, projetado para ser aplicado a processos buscando eliminar falhas ou ineficiências. O objetivo da aplicação do DMAIC é melhorar, otimizar ou estabilizar os processos existentes. Possui 5 fases distintas, onde cada uma delas disponibiliza ao usuário uma série de ferramentas com o objetivo de alcançar o sucesso do projeto e gerar histórico em relação ao comportamento dos processos. São elas:

1ª fase: Definir (Define) – definir os objetivos de melhoria do processo que sejam consistentes com as demandas do cliente e a estratégia da empresa;

2ª fase: Medir (Measure) – coletar os dados necessários do processo para dimensionar o tamanho do problema. As medições base no processo atual para comparação futura;

3ª fase: Analisar (Analyse) – necessário o uso de software estatístico para a realização de cálculos e gráficos que permitam conhecer as não-conformidades do processo e suas variações;

4ª fase: Melhorar (Improve) – identificar e implementar as melhorias no processo já existente;

5ª fase: Controlar (Control) - controlar o processo, realizar a transição para produção e posteriormente, medir continuamente o processo para garantir que as variações são corrigidas antes de se transformarem em defeitos.

1.11 - MASP

Acrônimo de Método de Análise e Solução de Problemas, o MASP pode ser definido como uma metodologia estruturada e sistematizada para a resolução de problemas complexos em processos, produtos e serviços.

Este método utiliza uma abordagem reativa, onde as ações são corretivas e preventivas, descobrindo e atacando a raiz dos problemas dos processos, priorizando-os e evitando a repetição destes por meio de padronização de procedimentos, com o objetivo de garantir resultados de excelência.

O método MASP é constituído por oito etapas, sendo elas:

1. Identificação do problema - identificar o problema com base em um histórico de acontecimentos, entendendo seus riscos, ganhos e perdas;
2. Observação – levantar as características do problema a partir da observação do local e de uma coleta de dados consistente;
3. Análise – analisar as causas raiz dos problemas de maneira clara com o auxílio de ferramentas, informações, fatos e análise de dados para uma conclusão objetiva;
4. Plano de Ação – elaborar um plano de ação para eliminar as causas do problema, definindo e documentando a estratégia a ser seguida;
5. Ação – colocar em prática o plano de ação;

6. Verificação de resultados - verificar quantitativa e qualitativamente a eficácia das ações e seu impacto nos resultados;
7. Padronização – padronizar as ações tomadas que tenham sido eficazes e gerado resultados efetivos, evitando que as falhas se perpetuem;
8. Conclusão - rever todo o processo de solução de problemas e planejar os trabalhos futuros aplicando as lições aprendidas em novas oportunidades de melhoria;

II. METODOLOGIA

A metodologia aplicada na elaboração do estudo foi o Six Sigma, direcionada pela ferramenta DMAIC. O DMAIC possui 5 fases: definir, medir, analisar, melhorar e controlar, sendo que cada uma delas disponibiliza uma série de ferramentas com o objetivo de alcançar o sucesso do projeto e gerar histórico e rastreabilidade em relação ao comportamento dos processos. A cada uma das fases, a análise vai sendo refinada e os resultados alcançados.

A coleta de dados foi feita em campo, ou seja, no chão de fábrica e obtida por meio do sistema interno da empresa de indicadores de controle da qualidade.

Outra fonte de dados foram os postos de controle e monitoramento presentes na linha de produção, onde foi possível o acesso a informações referentes a variáveis relacionadas ao estudo.

Operadores estrategicamente posicionados são responsáveis pelo controle das fixações de segurança do novo veículo através do uso de um torquímetro, gerando relatórios de todos os defeitos identificados.

Planilhas eletrônicas foram utilizadas para tabulação dos dados e os cálculos e gráficos elaborados com o auxílio do MINITAB, software voltado para fins estatísticos.

2.1 - Método

O método aplicado na coleta e análise de dados é de abordagem quantitativo-qualitativo. Conforme afirmado por Richardson (1999), a abordagem quantitativa utiliza-se de conceitos estatísticos de tratamento quantitativo dos dados para avaliação e monitoramento do processo. Enquanto a qualitativa refere-se à avaliação de determinado fenômeno quanto aos padrões e limites de variabilidade dentro das etapas de fabricação do produto, sendo estes dados coletados em estudo de campo e fornecidos pela própria empresa.

De acordo com os critérios de classificação de uma pesquisa propostos por Vergara (2005), esta pesquisa caracteriza-se como explicativa, metodológica e, no que diz respeito aos fins e aos meios, é também classificada como documental, bibliográfica e estudo de caso. Para melhor exposição dos resultados obtidos na pesquisa, foram aplicadas ferramentas e técnicas para direcionamento dos procedimentos necessários para identificação dos problemas.

A pesquisa foi realizada em um posto de controle sob a forma de estudo de caso, a partir do acompanhamento da produção no chão de fábrica e utilização da ferramenta FMEA. Adicionalmente, este estudo apresenta características de pesquisa documental, com a utilização de dados e relatórios referentes a produção, além da pesquisa bibliográfica baseada em livros e artigos científicos.

III. ESTUDO DE CASO

Nesse tópico são apresentadas as melhorias no processo de fixação de segurança a partir da implementação da metodologia Seis Sigma e da ferramenta DMAIC, incluindo as ferramentas da qualidade contidas em suas diferentes etapas.

O posto foco do estudo é o de fixação do enrolador dianteiro esquerdo do cinto de segurança, sendo este item regulamentado conforme resolução do Departamento Nacional de Trânsito. Nesta etapa do estudo são apresentados o projeto com abordagem Seis Sigma e as melhorias obtidas nas variáveis de entrada que, direta ou indiretamente causam ruído na aplicação do torque dos elementos de fixação do dispositivo de segurança. O estudo foi direcionado para o parafuso de fixação do enrolador do cinto de segurança devido à elevada taxa de torque não conforme encontrada nesse item, afetando diretamente o nível de retoque.

A aplicação da metodologia Seis Sigma para a eliminação de defeitos foi uma estratégia da alta hierarquia da empresa, com a criação de um programa interno abrangendo diferentes departamentos na busca pelo resultado.

3.1 - Processo de Fixação

O processo de fixação do item de segurança é realizado por uma ferramenta eletrônica que está interligada ao sistema de controle de qualidade da fábrica, sinalizando os defeitos.

3.2 - Processo de Controle

O controle da fixação é feito de duas formas, no modo de fixação principal, quando a fixação é realizada por uma ferramenta eletrônica e controlada pelo sistema, e fixação no modo degradado, realizada por uma ferramenta elétrica sendo o controle através de um torquímetro de estalo, sem interligação a sistema de monitoramento.

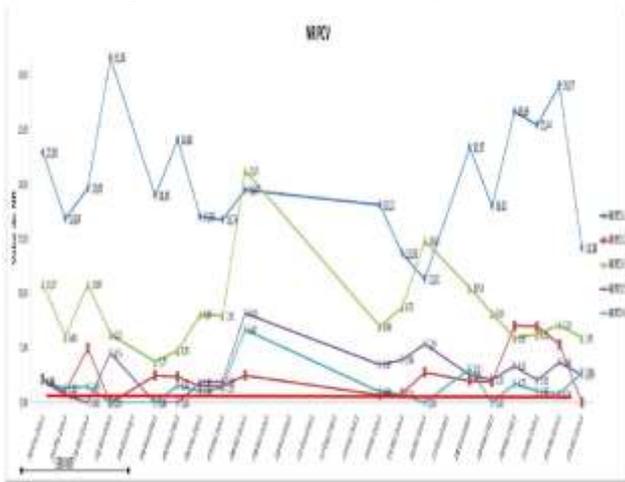
No caso de fixações de segurança novas, a norma interna da empresa exige que passem por um segundo controle, onde um posto específico foi criado para controle com torquímetro de estalo.

3.3 - Análise do Problema

A partir do projeto de fabricação de um novo modelo de veículo, surgiu a necessidade de novas operações no processo, das quais muitas são fixações de segurança. Toda nova operação causa ruídos no processo, e quando envolvem itens de segurança, a análise deve ser mais rigorosa.

Na figura 4, podemos observar que o nível de retrabalho estava elevado e conseqüentemente seu custo, antes da implantação do projeto, tornando inviável a fabricação de um novo produto.

Figura 4 - Índice de nível de retoque inicial



Fonte: Autores, 2014

Uma equipe multidisciplinar foi formada, direcionada a estudar as causas dos elevados níveis de retrabalho, que além de afetar financeiramente a empresa, coloca em risco a segurança dos usuários.

A metodologia Seis Sigma juntamente a abordagem DMAIC foram aplicadas na condução deste trabalho, objetivando identificar a causa raiz dos problemas relacionados às fixações de segurança. A seguir os resultados desse estudo.

3.4 - Fase de Definição

3.4.1 - SIPOC

A ferramenta SIPOC foi aplicada nas etapas do processo para definir e identificar os fatores relevantes que impactam no resultado, agregando conhecimento sobre a atividade e identificando oportunidades de melhoria, representado na figura 5.

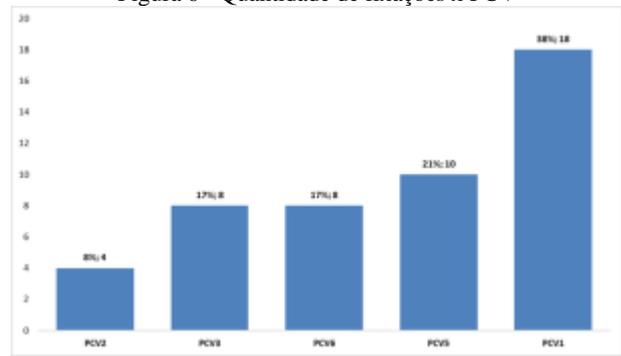
Figura 5 - SIPOC

S	I	P	O	C
Suppliers FORNECEDORES	Inputs INSUMOS	Process PROCESSO	Outputs PRODUTOS	Customers CONSUMIDORES / CLIENTES
Fornecedor do Cinto de Segurança	Peça	Posicionar a peça sobre a contra peça	Peça fixada na contra peça	Montagem final
Chaparia	Contra Peça			
Fornecedor do Parafuso	Parafuso	Aplicar o torque de fixação		

Fonte: Empresa, 2013.

Inicialmente foi necessário quantificar o número total de fixações controladas e o número em cada um dos postos de controle, sendo possível então identificarmos o posto que causa mais ruídos ao processo, conforme gráfico da figura 6.

Figura 6 - Quantidade de fixações x PCV

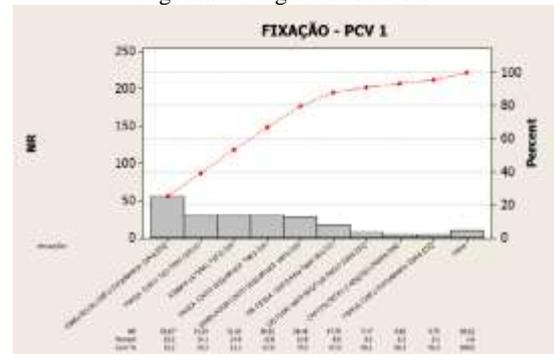


Fonte: Autores, 2014.

Conforme análise, foi possível observar e direcionar o estudo para o posto de controle 1, responsável por 38% das fixações de segurança. Após 5 semanas de acompanhamento nos diversos postos de controle, verificamos que o posto de controle 1 possui também o maior número de retrabalho, nos permitindo criar um indicador, NR sendo número de retrabalho por PCV posto de controle.

Com a definição de atuar no posto de controle 1, precisávamos definir qual das fixações desse posto apresentava o maior nível de retrabalho, sendo necessário um diagrama de Pareto para auxiliar nessa definição, segue na figura 7.

Figura 7 - Diagrama de Pareto



Fonte: Autores, 2014

O diagrama de Pareto nos mostra que a fixação que mais sofre retrabalho é a do enrolador dianteiro esquerdo do cinto de segurança, sendo essa o foco deste estudo.

3.5 - Mapa de Raciocínio

O mapa de raciocínio foi desenvolvido para permitir o registro de todas as ideias das possíveis causas do problema. Os envolvidos direta ou diretamente no projeto podem ver claramente os caminhos a seguir na busca pela solução, permitindo uma interação maior dentro da equipe. A figura 8 mostra o mapa de raciocínio elaborado na fase de definição do projeto.

Figura 8 - Mapa de raciocínio



Fonte: Autores, 2014.

3.5.1 - Fluxo de Processo

O posto de trabalho onde ocorre o problema de fixação não conforme ou não fixação dos componentes de segurança realiza diversas etapas, que foram especificadas separadamente no diagrama de fluxo de processo para uma melhor compreensão.

Figura 9 - Diagrama de processo



Fonte: Empresa, 2013.

A partir deste ponto, foram conduzidas análises das operações e suas variáveis para medição do problema, com a utilização de ferramentas essenciais do Seis Sigma.

3.5.2 - Fase de Medição

Esta etapa foi iniciada com a definição do processo alvo deste estudo a partir de um brainstorming com a equipe. As variáveis críticas foram listadas e consideradas no diagrama de causa e efeito a seguir.

Figura 10 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: Autores, 2014.

3.5.3 - Diagrama de Pareto

Cada uma das variáveis de entrada do Diagrama de Causa e Efeito foi analisada individualmente com as informações registradas em uma matriz, utilizando uma escala de 0 a 10 para pontuar a gravidade e soma de quadrados para pontuar o grau de importância, conforme figura 11.

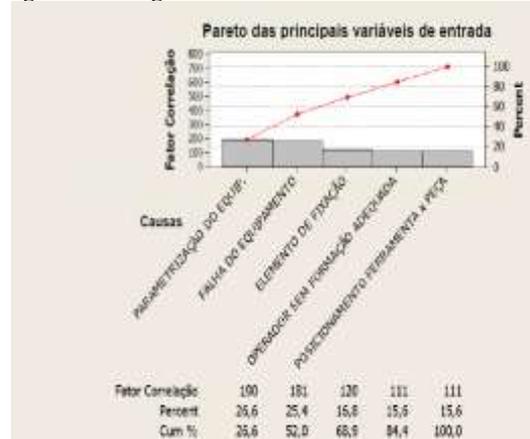
Figura 11 - Matriz causa e efeito do enrolador do cinto de segurança

MATRIZ CAUSA & EFEITO					
	10 - 9 - 8: Forte Correlação	7 - 6 - 5 - 4: Média Correlação	3 - 2 - 1: Baixa Correlação	0: Não há correlação	
Índice de importância	9	13			
Índice de Processos	TIPO DE TORNAR O MAL COM O BOM TIPO DE TORNAR O BOM COM O MAL TIPO DE APLICADO				
				TOTAL	Escala de Classificação de Variáveis de Entrada
1	ELEMENTO DE FIXAÇÃO	10	3		120
2	PEÇA	8	2		82
3	CONTRAPEÇA	10	2		110
4	PARMETRIZAÇÃO DO EQUIP	10	13		190
5	POSICIONAMENTO ENTRE PEÇAS	6	2		92
6	POSICIONAMENTO FERRAMENTA E PEÇA	6	3		111
7	OPERADOR SEM FORMAÇÃO ADEQUADA	6	3		111
8	DESMONTAGEM	3	3		57
9	DIVERGÊNCIA ENTRE TURNOS	1	1		19
10	FALHA DO EQUIPAMENTO	6	13		181
11	CONDIÇÕES DA FERRAMENTA	8	4		112
12	TRÁNSITO DE PESSOAL: FALHA DO POSTO	3	1		37
13	EXCESSO DE BARULHO	2	1		38

Fonte: Autores, 2014.

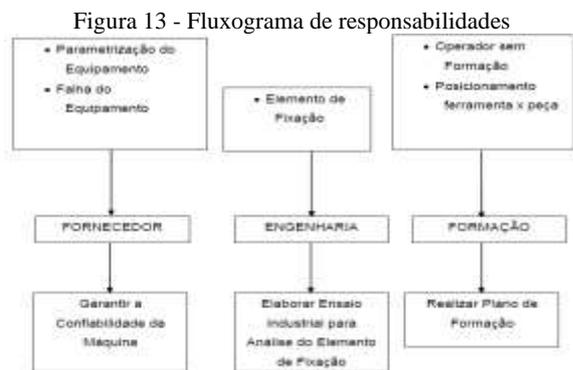
Com as variáveis mais relevantes identificadas, foi possível criar um Diagrama de Pareto, figura 12.

Figura 12 - Diagrama de Pareto das variáveis de entrada



Fonte: Autores, 2014.

Sabendo o quanto cada variável interfere no problema, o diagrama de Pareto foi desmembrado em ações e responsáveis, buscando a tratativa de cada uma dessas causas, figura 13.

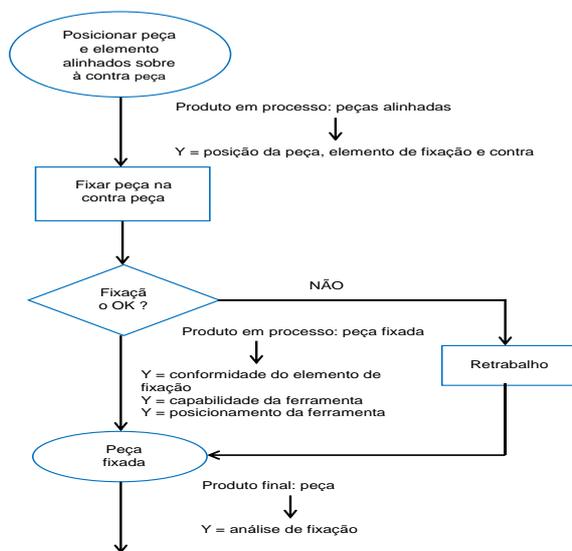


Fonte: Autores, 2014.

3.5.4 - Descrição do Processo

O processo de fixação do enrolador do cinto de segurança dianteiro esquerdo, gerador do problema objeto do estudo, foi demonstrado através de fluxograma, figura 14, para ilustrar suas etapas.

Figura 14 - Fluxograma do processo de montagem do enrolador do cinto de segurança



Fonte: Autores, 2014.

Um ensaio industrial foi realizado o mais próximo possível do real, para verificação do comportamento do parafuso de fixação da peça. Para eliminar possíveis problemas relacionados às ferramentas, foi utilizada na fixação uma parafusadeira angular elétrica e um torquímetro de estalo para controlar o torque, ambos para garantir os parâmetros especificados pela equipe de engenharia de produto. Os operadores que participaram do ensaio são capacitados. Os resultados do ensaio foram registrados na tabela 2.

Tabela 2 - Ensaio Industrial

CARRO	FIXAÇÃO	DEFEITO
1	NOK	TORQUE FALSO
2	NOK	TORQUE FALSO
3	OK	
4	OK	
5	OK	
6	NOK	TORQUE FALSO
7	NOK	TORQUE FALSO
8	NOK	TORQUE FALSO
9	OK	
10	OK	
11	NOK	TORQUE FALSO
12	NOK	TORQUE FALSO
13	NOK	TORQUE FALSO
14	NOK	TORQUE FALSO
15	NOK	TORQUE FALSO
16	NOK	TORQUE FALSO
17	OK	
18	NOK	TORQUE FALSO
19	NOK	TORQUE FALSO
20	NOK	TORQUE FALSO

Fonte: Autores, 2014.

A equipe observou que 70% dos veículos apresentou torque falso, ou seja, o equipamento aplicava o torque especificado, entretanto, não gerava a respectiva força tensora, chamando a atenção para possíveis problemas relacionados a deformações na rosca do parafuso.

Observou-se também que, sendo o mesmo modelo de parafuso usado nos dois lados, este não poderia estar gerando defeito apenas de um lado.

3.5.5 - Análise do Sistema de Medição

Um operador habilitado para trabalhar no posto de controle de torque foi responsável pela coleta de dados para a análise do sistema de medição a partir de um ensaio com uso de torquímetro de estalo. O ensaio seguiu os seguintes passos:

- ✓ Fixação com o auxílio de uma ferramenta elétrica;
- ✓ Controle do torque com um torquímetro;
- ✓ Em uma ficha de controle foi anotado o resultado: se o torquímetro emite um estalo a fixação está OK, e se este fizer movimento de rotação comprovando a falta de torque, NOK;

A equipe era formada por três pessoas, sendo um auditor da qualidade, um processista e um operador. No total 20 veículos aleatórios passaram pelo ensaio, e o sistema de medição foi avaliado através dos valores de repetibilidade e reprodutibilidade, conforme tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Repetitividade do ensaio de fixação do enrolador do cinto

Análise da Fixação do Enrolador do Cinto Dianteiro Esquerdo			
Operador	Quantidade de Veículos Encaixados	Quantidade de Ensaio com Repetibilidade	Nível de Confiança
Operador Formado	20	20	100%

Fonte: Autores, 2014.

Tabela 4 - Reprodutibilidade do ensaio de fixação do enrolador do cinto

Análise da Fixação do Enrolador do Cinto Dianteiro Esquerdo			
Operador	Quantidade de Veículos Encaixados	Quantidade de Ensaio com Repetibilidade	Nível de Confiança
Operador Formado	20	20	100%

Fonte: Autores, 2014.

A partir dos resultados obtidos, com níveis de reprodutibilidade e repetibilidade acima de 70%, pode-se dizer que o sistema de medição que foi aplicado nesse estudo de caso é capaz de identificar os defeitos de fixação do enrolador do cinto de segurança.

Nesse ponto do estudo, foi levantada a possibilidade do defeito ser resultado de uma deformidade na rosca do alojamento do parafuso na carroceria do veículo. Assim, um colaborador representante da equipe de chaparia foi incorporado ao time do estudo para garantir as especificações da chapa. E então prosseguiram para o processo de análise.

3.6 - Fase de Análise

3.6.1 - Diagrama de Causa e Efeito

Após os ensaios, a equipe elaborou o Diagrama de Causa e Efeito, representado na figura 15, para analisar as entradas relacionadas aos defeitos.



Fonte: Autores, 2014.

3.6.2 - Análise das Variáveis de Entrada

✓ X1: Capacidade dos meios

Como a carta de controle aplicada foi fornecida pela equipe de manutenção da fábrica, sinalizava a capacidade dos meios utilizados, estando esses de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo departamento de engenharia de produto, a conclusão foi que o problema não poderia estar relacionado às ferramentas.

✓ X2: Conformidade do Parafuso

Quando o problema foi identificado como sendo torque falso, a experiência dos membros da equipe os levou a acreditar que poderia estar relacionado a conformidade do elemento de fixação, problema geralmente causado por uma deformidade na rosca do parafuso. Entretanto, como o mesmo modelo de parafuso é utilizado em ambos os enroladores do cinto de segurança do veículo, o mesmo problema deveria ser encontrado no lado direito, e isso não ocorreu.

Apesar desta analogia, uma análise dos parafusos foi desenvolvida para eliminar qualquer possibilidade de não conformidade neste elemento, considerando deformação no passo e comprimento do parafuso. Ambas as análises eliminaram essa possível causa do problema em questão.

✓ X3: Conformidade da Contra Peça

A equipe acreditava ser essa a mais provável causa do defeito, pois os dados do estudo sinalizavam deformidade na contra peça. Na busca para eliminar essa possível causa, foi elaborada uma análise sobre a chapa da carroceria do veículo, onde se localiza a rosca de fixação do parafuso.

Considerando uma rosca deformada, a total fixação do parafuso não ocorreria, pois restariam filetes de rosca no elemento de fixação, impedindo a força tensora adequada para fixação.

Após análises realizadas pela equipe de engenharia da qualidade, constatou-se que as chapas que apresentaram torque

falso durante o ensaio possuíam rosca incompleta, o que impedia a adequada fixação.

A partir daí, análises evidenciaram que havia um defeito no equipamento responsável pela operação de fazer rosca na chapa de alojamento do parafuso do cinto de segurança. Assim, foi observado que essa seria a principal causa do problema que também gerava altos índices de retrabalho.

✓ X4: Operadores formados

Os operadores que participaram dos ensaios foram devidamente treinados para eliminar possíveis interferências no resultado do processo de fixação por falta de conhecimento.

✓ X5: Standard de processos

O standard de processos é a folha de processo de montagem do enrolador do cinto de segurança. Esse documento foi revisado pelo processista do projeto e foi constatado não haver divergências entre a folha e a operação.

3.7 - Fase de Melhoria

A seguir as melhorias propostas pela equipe.

3.7.1 - Elaboração de um FMEA de Processo na Chaparia

Após o desenvolvimento do estudo e análises, a equipe verificou que a causa do problema no processo de fixação do enrolador do cinto de segurança era proveniente do processo de confecção do furo na carroceria do veículo responsável por fixar o parafuso à carroceria.

Um FMEA foi elaborado para permitir uma análise profunda considerando criticidade, frequência e gravidade, e como resultado forneceu as características a serem monitoradas, permitindo a elaboração e aplicação de um plano de monitoramento.

3.7.2 - Implementação de uma Célula de Crise para Fixações de Segurança

Após os resultados positivos obtidos com o estudo, se fazia necessário um acompanhamento diário dos indicadores relacionados às fixações de segurança para permitir intervenções buscando manter o nível de retrabalho em todos os postos de controle dentro da meta, ou seja, menor que 1,5.

Uma célula composta por representantes de diversos departamentos da empresa foi criada, envolvendo profissionais de todas as etapas produtivas na busca por resolução dos problemas.

3.8 - Fase de Controle

3.8.1 - Plano de Monitoramento

Tendo em vista que a causa raiz do problema na fixação do enrolador do cinto de segurança dianteiro esquerdo era uma anomalia no processo de furação da chaparia, os procedimentos operacionais e os planos de manutenção do equipamento de furação da chapa foram revisados.

A partir da elaboração do documento de análise dos modos de falhas e efeitos, ou seja, FMEA, foram definidas ações para os postos de controle da chaparia para controlar o número de passos e a geometria dos furos na chaparia, além de:

✓ Check-list de verificação do equipamento a ser preenchido no início de cada turno buscando verificar o perfeito funcionamento do equipamento para garantir a qualidade da furação;

✓ Inspeção da geometria do furo na chaparia em 10 veículos aleatórios;

Após a implementação das melhorias, o indicador da quantidade de veículos retrabalhados foi acompanhado pelos 3 meses seguintes. O resultado foi como esperado, o nível de NR se estabilizou próximo a meta de 1,5, como podemos observar na figura 16.

Figura 16 - NR durante o projeto



Fonte: Autores, 2014.

IV. CONCLUSÃO

A eficácia da metodologia Seis Sigma pôde ser comprovada com esse estudo e os resultados obtidos em um curto espaço de tempo após sua aplicação.

Diferentes problemas relacionados ao processo foram analisados, discutidos e estudados pela equipe responsável pelo projeto. Ensaios industriais permitiram a constatação da ineficiência do processo de confecção da rosca na chaparia do veículo, onde é fixado o enrolador do cinto.

A interação e comprometimento de uma equipe multidisciplinar foram essenciais para a aplicação bem-sucedida da metodologia Lean Seis Sigma, através do DMAIC, encontrando a causa raiz do problema para atingimento do NR esperado pelo projeto. Além do apoio dos níveis gerenciais para tornar possível a mobilização dos recursos necessários.

A partir da elaboração do FMEA da causa raiz do problema, foi elaborado um plano de monitoramento com ações a serem executadas pelos colaboradores do posto de controle da chaparia durante seus turnos de trabalho para monitorar e identificar rapidamente possíveis anomalias no processo.

O nível de retrabalho que anteriormente ao projeto era de 20, após sua aplicação reduziu consideravelmente atendendo as expectativas, alcançando valores próximos a 1,5. Esse resultado se reflete na segurança e confiabilidade do cliente, essenciais para a competitividade da empresa.

V. REFERÊNCIAS

APOST, artigo **O que é Qualidade Total?**, 2012. Disponível em: <<https://www.apostilasdaqualidade.com.br/o-que-e-qualidade-total/>>; acesso em 15/11/2019.

BASTIANI, Jeison A. De; MARTINS, Rosemary. **Diagrama de Pareto**, 2012. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-pareto/>>, acesso em 16/11/2019.

BEZERRA, Filipe. **Origem da Qualidade Total**, 2015. Disponível em: <<https://www.portal-administracao.com/2015/02/qualidade-total-conceito-e-principios.html>>; acesso em 16/11/2019.

BUENO, Marcos. **Gestão pela qualidade total**: uma estratégia administrativa. Centro de Extensão Pesquisa e Pós-Graduação - CESUC. Catalão. Disponível em: <www.psicologia.com.pt>; acesso em 15/11/ 2019.

CARAVANTES, Geraldo R.; CARAVANTES C.; BIJUR, W. **Administração e Qualidade**: a superação dos desafios. São Paulo: Makron Books, 1997.

COLENGHI, V.M. **O & M e qualidade total**: uma integração perfeita. 3. Ed. – Uberaba: ED.V.M – 2007. 22p.

FMS, Murilo. **A Metodologia DMAIC e o Lean Seis Sigma**, 2016. Disponível em:<https://www.fm2s.com.br/a-metodologia-dmaic/?gclid=Cj0KCQiA2b7uBRDsARIsAEE9XpHSyOxJnaTh-i_4sqenSV6k8YOaxWSbrP66sD09rgg4-eT01jNrkZEaAmLREALw_wcB>, acesso em 17/11/2019.

LEITE, Gabriel. **Gurus da Qualidade**: Joseph Moses Juran, 2019. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade-joseph-moses-juran/>>; acesso em 16/11/2019.

PERISSÉ, Gabriel. **Palavras e Origens Considerações Etimológicas**, 2010. Disponível em: <<http://palavraseorigens.blogspot.com/2010/07/qual-e-da-qualidade.html>>; acesso em 15/11/ 2019.

RAMOS, Davidson. **Gurus da Qualidade**: Armand Vallin Feigenbaum, 2017. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade-armand-vallin-feigenbaum/>>; acesso em 16/11/2019.

RAMOS, Davidson. **O que é SIPOC (ferramenta para mapear processos)**, 2018. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/o-que-e-sipoc/>>; acesso em 16/11/2019.

REZENDE, Frederico. **Ferramentas da Qualidade – Diagrama de Causa e Efeito e Estratificação**, 2014. Disponível em:<<http://www.gestaoporprocessos.com.br/ferramentas-da-qualidade-diagrama-de-causa-e-efeito-e-estratificacao/>>, acesso em 17/11/2019.

SAMPAIO, N.A.S; BARROS, G.M de; ALMEIDA, G.D; BASTOS, B; JUNIOR,A.H.A; PEREIRA, R.S, Emprego de Ferramentas da Qualidade, para Reduzir o Índice de Avarias e os Custos com Seguro no Processo Logístico se uma Automobilística. **Revista Sodebras [on line]**, v. 14, n. 165, ISSN 1809-3957, p. 18-25, 2019. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N165.pdf>>; acesso em: 15/11/2019.

SANTOS, Virgilio F. M. dos. **O que é o método MASP?**, 2018. Disponível em:<<https://www.fm2s.com.br/metodo-masp/>>, acesso em 17/11/2019.

SILVEIRA, Cristiano B. **O Diagrama de Ishikawa, Causa e Efeito ou Espinha de Peixe**. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/diagrama-de-causa-e-efeito-ishikawa-espinha-peixe/>>, acesso em 16/11/2019.

VI. COPYRIGHT

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

Submetido em: 12/01/2020

Aprovado em: 13/02/2020