

MAIÊUTICA
ENGENHARIAS



CENTRO UNIVERSITÁRIO LEONARDO DA VINCI
Rodovia BR 470, Km 71, nº 1.040, Bairro Benedito
89084-405 - INDAIAL/SC
www.uniasselvi.com.br

REVISTA MAIÊUTICA

ENGENHARIAS

UNIASSELVI 2023

Presidente do Grupo UNIASSELVI
Prof. Pedro Jorge Guterres Quintans Graça

Reitor da UNIASSELVI
Prof. Janes Tomelin

Pró-Reitora de Ensino de Graduação Presencial
Prof. Antonio Roberto Rodrigues Abatepaulo

Pró-Reitora de Ensino de Graduação a Distância
Prof.^a Neuzi Schotten

Pró-Reitor Operacional de Graduação a Distância
Prof. Érico Ribeiro

Diretor de Educação Continuada
Prof. Tiago Stachon

Editor da Revista Maiêutica
Prof. Luis Augusto Ebert
Comissão Científica
Prof.^a Aline de Viegas Beloni
Prof. Diego Milnitz
Prof.^a Eliza Damiani Woloszyn
Prof. Giovanni Renato Zonta
Prof.^a Giuliani Facco
Prof. Henrique Gonçalves Pereira
Prof. Leandro Marques Correia
Prof. Marcelo Danielski
Prof. Marcelo Henrique Soar
Prof.^a Lidia Moura

Publicação On-line
Propriedade do Centro Universitário Leonardo da Vinci

Apresentação

Caro leitor, dentro de uma nova proposta, a Revista Maiêutica: Engenharias nos apresenta com alguns dos melhores artigos dos professores e acadêmicos de todos os cursos de engenharias da UNIASSELVI, dentro de uma abordagem interdisciplinar no que tange a todas as áreas correlatas a estes cursos. Aliás, a implementação prática dos conceitos vistos em aula é uma das premissas para a consolidação do conhecimento ao longo das disciplinas. Além do mais, esta contribui para o desenvolvimento de bons trabalhos acadêmicos cooperando para uma educação empreendedora, criativa e profissional. Este é o perfil dos artigos contemplados nesta edição e que conduzem os alunos à construção de sua própria história, com trabalhos que contribuem para a melhoria de vida dos nossos alunos e dos demais públicos envolvidos direta ou indiretamente com as soluções propostas. A valorização do conhecimento através desta publicação contribui para a disseminação do know-how gerado no decorrer dos estudos e potencializa a exploração de áreas ainda pouco estudadas, a inspiração e o aprofundamento de novas avenidas de pesquisa. O aprofundamento dos estudos torna mais simples a atuação daqueles que detêm e desenvolvem e testam as novas possibilidades encontradas. Após diversos erros e acertos inerentes ao processo de aprendizado e de testagem, estes podem propor a solução que melhor atenda às especificidades e requisitos aos quais seus objetivos estão alicerçados. Temáticas relevantes e atuais são abordadas ao longo da revista. Esperamos que a leitura seja esclarecedora e inspiradora!

Bom proveito!

Professor Luis Augusto Ebert
Coordenador Engenharia Ambiental e Sanitária e Produção

Professor Léo Roberto Seidel
Coordenador Engenharia Elétrica, Civil e Mecânica



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO DA PERICULOSIDADE EM MOTOCICLETA Characterization Analysis of Hazardousness in Motorcycles	
Vitoria Keslley Oliveira	
Ranieli da Silva	
Suéllen Nayara Lima de Araújo	
Itamar Custódio de Souza	
Paula Alessandra Moraes de Melo	
Bruna Cristina Ramos Faustino	9
ANÁLISE DE GESTÃO DE SEGURANÇA POR MEIO DO PROGRAMA: CIQA-YUSEN ANALYSIS OF SAFETY MANAGEMENT THROUGH THE PROGRAM: CIQA-YUSEN	
Laécio Silvestre	
Jordana Oliveira da Rocha	
Aretuza Costa.....	15
DEFINIÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM CANTEIRO DE OBRAS DEFINITIONS AND STRATEGIES FOR IMPLEMENTING A CONSTRUCTION SITE	
Jeferson Alves de Oliveira	
Júlio Leite de Moraes	
Ronei do Espírito Santo	
Teago Santos Viana.....	23
ANÁLISE DO DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO COM BORRACHA DE PNEU E CAVACO DE TORNO COMO SUBSTITUTOS PARCIAIS DO AGREGADO MIÚDO Analysis of the mechanical performance of concrete with tire rubber and lathe chip as partial substitutes for small aggregate	
José Alvaro Luciani I	
Aline de Viegas Beloni	27
PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCOS COM CRITÉRIOS DE PROBABILIDADE E SEVERIDADE PARA AVALIAÇÃO DOS FATORES DE RISCOS ERGONÔMICOS Proposed risk matrix with probability and severity criteria for assessing ergonomic risk factors	
Bruna Cristina Ramos Faustino	
Marcos Jorge Gama Nunes	49

FOLHA ZERO DA SUGESTÃO A GESTÃO DE PROJETOS

Project management suggestion sheet zero

Leonardo Duarte

Mário Delprete

Maurílio do Carmo

Rudney Ferreira

Guilherme de Souza Nardi..... 57

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Analysis of the technical-economic feasibility for the implementation of a photovoltaic energy generation system in residences in the state of santa catarina

Elvis Filipe Karkle

Aline de Viegas Beloni

Giovanni Gueler Dalvi..... 63

ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO DA PERICULOSIDADE NO SETOR DE VIGILÂNCIA PATRIMONIAL

Characterization analysis of hazardousness in the heritage surveillance sector

Carlos Alberto dos Santos Junior

Josenilton de Souza Paes Landim

Marly de Jesus Teles

Sidnei Alberto de Souza do Prado

Bruna Cristina Ramos Faustino 93

AUTOMAÇÃO NA ESTEIRA DE SELEÇÃO DE RESÍDUOS EM USINA DE TRIAGEM: PROTÓTIPO DE ROMPEDOR DE SACOLAS PLÁSTICAS

Automation on the waste selection belt in a screening plant:plastic bag breaker prototype

Elias Klaus Lieskow

Giovanni Gueler Dalvi..... 99

CONSEQUÊNCIAS NOS INDICADORES DEC/FEC DA CONCESSIONÁRIA COM A SUBSTITUIÇÃO DOS CABOS NUS PARA ISOLADOS NA REDE DE MÉDIA TENSÃO

Consequences on the utility company's dec/fec indicators with the replacement of bare cables for isolated in the medium voltage network

Ricardo Schulze

Giovanni Gueler Dalvi..... 119

ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO DA PERICULOSIDADE EM UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
CHARACTERIZATION ANALYSIS OF HAZARDOUSNESS IN AN ELECTRIC POWER DISTRIBUTION NETWORK

Eulane Almeida Silva

Jady Mirly Nogueira Morasche

João Lucas de Souza Lopes

Natanael expedito Reis Lopes

Bruna Cristina Ramos Faustino 143

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TURBINAS EÓLICAS DE DIFERENTES FABRICANTES
COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN WIND TURBINES FROM DIFFERENT MANUFACTURERS

Jéssica Rodrigues Rabelo

Giovanni Gueler Dalvi 147

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM MARQUISES NO CENTRO DE BLUMENAU-SC
ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS OF MARQUISES IN THE CENTER OF BLUMENAU-SC

Nadson Jesus de Oliveira1

Aline de Viegas Beloni 175

CORRELAÇÃO ENTRE TORQUES DE ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA E ENSAIOS SPT

CORRELATION BETWEEN CONTINUOUS HELIX PILE TORQUES AND SPT TESTS

Elian Pedro Zimmermann Jeremias

Leandro J. Isensee

Aline de Viegas Beloni 193

FURADEIRA COM INVERSOR DE ROTAÇÃO
POWER DRILL WITH INVERTER

Alex Antunes Thomazini

Tomas Magno Bitencourt

Vanessa Moura de Souza 221

ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO DA PERICULOSIDADE EM MOTOCICLETA

Characterization Analysis of Hazardousness in Motorcycles

Vitoria Keslley Oliveira¹
Ranieli da Silva¹
Suéllen Nayara Lima de Araújo¹
Itamar Custódio de Souza¹
Paula Alessandra Moraes de Melo¹
Bruna Cristina Ramos Faustino²

Resumo: Os acidentes de trânsito com veículos automotores são responsáveis pela morte de muitas pessoas. A motocicleta é a campeã de morte no trânsito por ser um meio transporte barato e rápido e que possibilita a atividade remunerada como transporte de pessoas e mercadorias. O estudo tem como objetivo realizar uma caracterização para fins didáticos e de assistência técnica da Periculosidade em motocicletas na função de motoboy. Assim como analisar o impacto e os fatores que contribuem para o aumento dos acidentes de trabalho com motoboys durante suas atividades laborais. A pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa e exploratória utilizados artigos publicados sobre acidente de transporte terrestre por motocicletas. Além da avaliação do direito ao adicional de periculosidade com base na norma regulamentadora – NR-16, Anexo 5. Os resultados mostraram que os motoboys apresentam dificuldades de mobilidade urbana nas grandes cidades e são responsáveis pelo crescimento da frota de motocicletas, que atendem as necessidades de rapidez e agilidade. Além disso, os trabalhadores enfrentam condições precárias de trabalho e de qualidade de vida devido ao estresse, cansaço físico e mental, estradas ruins, trânsito, remuneração por produtividade, além da intensidade de velocidade que muitas vezes são exigidos por clientes e patrões. Conclui-se como perigosa a atividade de motoboys durante o deslocamento do trabalhador em vias públicas para execução da atividade laboral. O direito ao adicional de periculosidade devido é de 30 % sobre o salário base e deve ser concedido ao trabalhador registrado, conforme determina a NR-16 Anexo 5.

Palavras-chave: Motociclistas; Periculosidade; NR-16.

Abstract

Traffic accidents with motor vehicles are responsible for the death of many people. The motorcycle is the champion of death in traffic because it is a cheap and fast means of transport that allows paid activities such as transporting people and goods. The study aims to characterize, for didactic and technical assistance purposes, Dangerousness in motorcycles in the role of motoboy. As well as analyzing the impact and factors that contribute to the increase in accidents at work with motoboys during their work activities. The research presents a bibliographic review with a qualitative and exploratory approach, using articles published on land transport accidents by motorcycles. In addition to assessing the right to the additional for dangerous work based on the regulatory standard - NR-16, Annex 5. The results showed that motoboys have difficulties in urban mobility in large cities and are responsible for the growth of the motorcycle fleet, which meets the needs of speed and agility. In addition, workers face precarious working conditions and quality of life due to stress, physical and mental fatigue, bad roads, traffic, and remuneration for productivity, in addition to the intensity of speed often demanded by customers and bosses. It is concluded that the activity of motoboys during the displacement of the worker on public roads to carry out the work activity is dangerous. The right to the additional for dangerous work due is 30% of the base salary and must be granted to the registered worker, as determined by NR-16, Annex 5.

Keywords: Motorcyclists; Dangerousness; NR-16.

¹ Acadêmicos do Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, Indaial, SC – Site: www.uniasselvi.com.br.

² Mestre em Eng. Ambiental, Eng. de Segurança do Trabalho, Ergonomista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Professor tutor externo do Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, Indaial, SC, brunacrfaustino@gmail.com

INTRODUÇÃO

Segundo Andrade (2009), a profissão do motociclista – motoboy – foi registrada em 2003 pelo Ministério do Trabalho e Emprego por meio da Classificação Brasileira de Ocupações online (CBO) e define as atividades realizadas por esses profissionais que são:

[...] coletar e entregar documentos, valores, mercadorias e encomendas, realizar serviços de pagamento e cobrança, roteirizar entregas e coletas, localizar e conferir destinatários e endereços, emitir e coletar recibos do material transportado, preencher protocolos, conduzir e consertar veículos. A formação e experiência orientadas pelo ministério para o exercício profissional é a quarta série do ensino fundamental e a habilitação para dirigir motocicleta – CNH tipo A (BRASIL, 2008c *apud* ANDRADE, 2009, p. 45).

Os acidentes de trânsito com veículos automotores são responsáveis pela morte de muitas pessoas. A motocicleta é a campeã de morte no trânsito por ser um meio transporte barato e rápido e que possibilita a atividade remunerada como transporte de pessoas e mercadorias, entretanto esse equipamento de transporte oferece grandes perigos de lesão e morte e baixa proteção às ocupantes (CARRASCO; FRAGA, 2011). Estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS) no continente americano comprovaram que acidentes de trânsito com veículos automotores podem corresponder de 20 a 30% das mortes decorrentes de causas externas em países como Brasil, México, Canadá (CARRASCO; FRAGA, 2011).

Segundo Soares *et al* (2011), 40% dos motoboys relatam pelo menos um acidente durante o ano, visto que 39,6% desses profissionais referem envolvimento em dois ou mais acidentes. Estudos ainda referem que as despesas, manutenção, reparos e combustível é por conta do profissional, o que implica em falta de manutenção.

Constata-se, também, que apesar do aumento do número de profissionais exercendo essa atividade, o mercado ainda é informal, as empresas não são regulamentadas, o que contribui para as irregularidades das relações trabalhistas (SILVA *et al*, 2008).

Desse modo, observa-se que as causas externas como acidentes e violências tendo apresentado e consta como um dos principais problemas que afetam a saúde pública no Brasil. Isso ocorre devido a sua magnitude, representam custos para a sociedade e ocasionam impactos sociais e psicológicos nas vidas dos trabalhadores e de suas famílias (PIMENTA JUNIOR, 2007).

Com a aprovação do projeto da Lei nº 12.997/2014 iniciado pelo Corpo de Bombeiros de São Paulo, uma vez demonstrado o alto número de sinistros ocorridos envolvendo motociclistas, assim fora incluído à Consolidação de Leis Trabalhistas em seu art. 193, parágrafo quarto, o qual introduziu o adicional de periculosidade para motociclistas, conforme segue:

Art. 193 CLT: são consideradas atividades ou operações perigosas, na forma da regulamentação aprovada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, aquelas que, por sua natureza ou métodos de trabalho, impliquem risco acentuado em virtude de exposição permanente do trabalhador a: (Redação dada pela Lei nº 12.740, de 2012) § 4º São também consideradas perigosas as atividades de trabalhador em motocicleta. (Incluído pela Lei nº 12.997, de 2014) (BRASIL, 2014, p. 3).

De acordo com a Norma Regulamentadora nº 16, Anexo 5 (BRASIL, 2019), que regula as atividades e operações consideradas perigosas no Brasil, as atividades laborais que executam ou utilização motocicleta ou motoneta durante o deslocamento do trabalhador em vias públicas são consideradas perigosas e conseqüentemente perigosas. A lei também faz questão de explicitar que o simples deslocamento do trabalhador com a moto da sua casa até seu local de trabalho ou do uso eventual do veículo durante o serviço, não se enquadra na regra.

Segundo o Item 2 da NR-16, Anexo 5, não são consideradas perigosas:

- a) a utilização de motocicleta ou motoneta exclusivamente no percurso da residência para o local de trabalho ou deste para aquela;
- b) as atividades em veículos que não necessitem de emplacamento ou que não exijam carteira nacional de habilitação para conduzi-los;
- c) as atividades em motocicleta ou motoneta em locais privados.
- d) as atividades com uso de motocicleta ou motoneta de forma eventual, assim considerado o fortuito, ou o que, sendo habitual, dá-se por tempo extremamente reduzido (BRASIL, 2019, p. 17).

Para NR-16 item 16.2 “O exercício de trabalho em condições de periculosidade assegura ao trabalhador a percepção de adicional de 30% (trinta por cento), incidente sobre o salário, sem os acréscimos resultantes de gratificações, prêmios ou participação nos lucros da empresa” (BRASIL, 2019, p. 1).

Desse modo, essa caracterização se torna importante devido à avaliação do adicional de periculosidade do motociclista no caso de uma assistência técnica para avaliação do direito trabalhista. O estudo tem como objetivo realizar uma caracterização para fins didáticos e de assistência técnica da Periculosidade em motocicletas na função de motoboy. Assim como analisar o impacto e os fatores que contribuem para o aumento dos acidentes de trabalho com motoboys no cumprimento das suas atividades laborais.

METODOLOGIA

A pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa e exploratória utilizando artigos disponíveis no sistema periódicos publicados em português na qual serão obtidas informações sobre acidente de transporte terrestre por motocicletas.

A busca de dados foi realizada, inicialmente, em períodos distintos a fim de obter uma seleção extensa de determinados estudos de interesse, sendo possível compreender e aprofundar os conhecimentos da temática escolhida. Dessa maneira, foram encontrados artigos referentes acidente de transporte terrestre por motoboys onde foi feita uma leitura de todo o material obtido. Além da avaliação do direito ao adicional de periculosidade com base na norma regulamentadora - NR-16, Anexo 5.

O estudo fará uma análise utilizando, a Figura 1, que apresenta um motoboy em rota de serviço em via pública exposto a perigos do dia a dia.

Figura 1: Motoboy em serviço.



Fonte: Mendes (2014, on-line).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que os motoboys apresentam dificuldades de mobilidade urbana nas grandes cidades e são responsáveis pelo crescimento da frota de motocicletas, que atendem as necessidades de rapidez e agilidade. Os estudos também mostraram ainda que o grupo de trabalhadores se encontram no mercado informal devido à informalidade das empresas, baixa escolaridade, desemprego e a falta de qualificação profissional. Aos trabalhadores enfrentam condições precárias de trabalho e de qualidade de vida devido ao estresse, cansaço físico e mental, estradas ruins, trânsito, remuneração por produtividade, além da intensidade de velocidade que muitas vezes são exigidos por clientes e patrões. Devido a isso, esses profissionais se comportam de maneira arriscada e insegura no trânsito, tornando-se cada vez mais vulnerável à acidentes.

Desse modo, devem ser adotadas ações que proporcionem melhores condições de trabalho e segurança no trânsito, como: medidas educativas, melhoria das rodovias, conscientização do uso de Equipamento de Proteção Individuas como o capacete, além da garantia de direitos trabalhista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se como perigosa a atividade de motoboys durante o deslocamento do trabalhador em vias públicas para execução da atividade laboral. O direito ao adicional de periculosidade devido é de 30 % sobre o salário base e deve ser concedido ao trabalhador registrado, conforme determina a NR-16, Anexo 5, entretanto observa-se que muitos motoboys necessitam trabalhar como empregado informal e acabam deixando de receber o direito ao adicional de periculosidade devido a não serem empregados registrados e regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Carolina Riente de. **Motoboys! Perspectivas quanto à profissão, estresse e acidentes de trânsito**: estudo de caso na cidade de Belo Horizonte. 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.977 de 18 de junho de 2014**. Altera o Art. 193 da Consolidação das Leis do Trabalho, para considerar perigosas as atividades de trabalhador em motocicleta. Brasília, DF: Presidência da República, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3ZTiiAC>. Acesso em: 29 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. NR 16 - atividades e operações perigosas. **Brasil**, Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/426bhTB>. Acesso em: 20 jun. 2022.

CARRASCO, Carlos Eduardo; FRAGA, Gustavo Pereira. A crescente problemática dos acidentes fatais de motocicleta. **Emergência clínica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 8-10, 2011.

MENDES, Gleydson. Começa a valer o adicional de periculosidade para motoboys. **Sala de Trânsito**, [s. l.], 14 out. 2014. Disponível em: <http://www.saladetransito.com/2014/10/comeca-valer-o-adicional-de.html>. Acesso em: 17 set. 2022.

PIMENTA JUNIOR, Fabiano Geraldo. Violência: prevenção e controle no Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde.**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 5-6, Mar. 2007.

SILVA, Daniela Wosiack da. *et al.* Condições de trabalho e riscos no trânsito urbano na ótica de trabalhadores motociclistas. **Physis Revista da Saúde Coletiva.**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 339-360, 2008.

SOARES, Dorotéia Fátima Pelissari de Paula. *et al.* Motociclistas de entrega: algumas características dos acidentes de trânsito na Região Sul do Brasil. **Rev. Bras. Epidemiol.**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 435-44, 2011.

ANÁLISE DE GESTÃO DE SEGURANÇA POR MEIO DO PROGRAMA: CIQA-YUSEN

ANALYSIS OF SAFETY MANAGEMENT THROUGH THE PROGRAM: CIQA-YUSEN

Laécio Silvestre¹

Jordana Oliveira da Rocha¹

Aretuza Costa²

RESUMO: A utilização de programas que auxiliem no sistema de gestão de segurança dentro das empresas é fundamental. E saber como a comunicação dos quase acidentes por meio de mecanismos como programas que possuem o intuito de identificar as condições inseguras, ao passo que evitar os acidentes e quase acidentes é feita e porque é necessária é de suma importância. Para embasar o conteúdo aqui exposto, foram realizadas entrevistas e pesquisas de campo, bem como pesquisa bibliográfica e em sites. Sabendo disso, compreende-se que a gestão de segurança dentro das empresas faz-se necessária, uma vez que, tornou-se evidente a necessidade de identificar, prevenir e criar mecanismos para eliminar os acidentes, quase acidentes e as condições inseguras, dentro do ambiente de trabalho.

Palavras-chave: Segurança; Mecanismo; Condições; Acidentes; Empresa.

Abstract

The usage of programs that assists the security management system inside companies is fundamental. Knowledge of how communication of near-accidents through means such as programs that aim to identify unsafe conditions is of great importance. Based on the content here presented, interviews and field surveys were held, as well as research in literature and websites. Knowing this, it is understood that security management inside companies is necessary, since the need to identify, prevent and create means to eliminate accidents, near-accidents, and unsafe conditions in the work environment became evident.

Keywords: Safety; Means; Conditions; Accidents; Company.

INTRODUÇÃO

São inúmeros os riscos que cercam o trabalhador durante sua jornada de trabalho dentro da empresa, e esse é um fato que cerca todos os envolvidos, tanto empresa, quanto seus funcionários, em todos os setores. Desse modo, tornou-se necessária a implantação de um sistema que viesse a tornar-se regra todas as empresas possuírem, denominado sistema de gestão de segurança. A gestão de segurança é voltada para a identificação das condições inseguras dentro das empresas e prevenção dos acidentes e quase acidentes.

Atentar-se para as melhorias, para a empresa e funcionários, oferecidas pela implantação de um sistema de gestão de segurança é imprescindível. A implantação de tal sistema não é, no entanto, algo que pode ou não ser escolhido, é obrigatório por lei. As leis trabalhistas se fazem necessárias no ambiente de trabalho, não apenas para proteger o funcionário, como também para respaldar a empresa que as segue corretamente, no entanto não é tão simples tornar um ambiente de trabalho seguro e livre de riscos, por isso foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo mecanismos que auxiliassem nesse processo de gestão de segurança dentro das empresas. Como para todas as problemáticas, surge para os programas desenvolvidos para gestão de

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI. Rodovia BR 470 – Km 71 – n. 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC. Fone (47) 33281- 9000 – Fax (47) 3281-9090 – www.uniasselvi.com.br.

² Tutora Externa do Curso de Tecnologia em Segurança no Trabalho. Centro Universitário Leonardo Da Vinci – UNIASSELVI, Manaus/AM, Brasil.

segurança o seguinte questionamento na busca por resolução: é eficiente a comunicação dos quase acidentes por meio de mecanismos como programas que possuem o intuito de identificar as condições inseguras, ao passo que evitar os acidentes e quase acidentes?

Segundo Formighieri, Corrêa e Santos (2016), é função das organizações se manterem livres de riscos inaceitáveis provenientes dos ambientes de trabalho, pois assim garantem aos seus trabalhadores e aos interessados o bem-estar não apenas físico, mas também mental e social. Ou seja, o cumprimento das leis e a implantação de sistemas de gestão eficientes é importante.

Quaisquer empresas devem possuir um sistema de gestão de segurança ativo e determinar um mecanismo eficiente e que seja de fácil manuseio para seus trabalhadores que, por sua vez, terão de estar em contato com o mecanismo escolhido e fazer desta sua ferramenta para tornar o ambiente de trabalho mais seguros e livre de acidentes.

REFERENCIAL TEÓRICO

O que são as condições inseguras e os quase acidentes e qual a importância de conhecê-los?

Ao tratar-se de SST (Segurança e Saúde no Trabalho) torna-se impossível não mencionar os SGSST (Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho), isso porque todas as empresas devem possuir um sistema adequado e eficaz de gestão de segurança, visando prevenir e evitar o máximo de riscos possíveis aos quais seus trabalhadores estão expostos, diariamente. De acordo com Basile (2010), por exemplo, a segurança no trabalho poderia ser entendida como a ausência de riscos indesejáveis no trabalho, mas isso não é assim tão simples, faz-se necessário ter conhecimento acerca de quais são os riscos, aos quais os trabalhadores dentro de cada empresa estão expostos, para que o máximo de acidentes seja evitado, no entanto essa seria uma tarefa impossível caso não fossem delimitados processos, nomenclaturas e áreas a serem analisadas, para somente então analisarem os riscos presentes no cotidiano do trabalhador de cada empresa, dentro de cada setor.

Estudiosos como Heinrich, em 1959, e Fletcher, em 1972 (BRAUER, 1994 *apud* BENITE, 2004), dedicaram-se a descrever o que viriam a ser os acidentes e os quase acidentes. Seus estudos tornaram possível compreender que:

a consideração de que um acidente é um evento que resulta de consequências imediatas ou repentinas é um erro. Isto pode ser facilmente compreendido quando se abordam as doenças ocupacionais, que são consideradas acidentes, e em sua grande maioria existe um intervalo ou tempo de latência até que as consequências se tornem evidentes (FORMIGHIERI; CORRÊA; SANTOS, 2016, p. 88).

No que tange os quase acidentes, segundo Formighieri, Corrêa e Santos (2016) e de acordo com a norma OHSAS-18001, seriam um evento com potencial para gerar acidentes, mas que não havia sido previsto.

É de responsabilidade das empresas evitar determinados riscos que comprometem a saúde de seu trabalhador. Dois fatores específicos podem culminar no relato de uma ocorrência a respeito de um acidente de trabalho: atos inseguros, também conhecidos como condições inseguras; e/ou por meio das condições inadequadas, que são entendidos respectivamente como:

[...] aqueles onde a negligência do colaborador acarreta um resultado negativo para si próprio, terceiros ou o meio ambiente. A não utilização dos EPIs é um exemplo [...]; as condições inadequadas são aquelas presentes no ambiente de trabalho que sejam um potencial risco de acidente, podendo estar diretamente ligadas ao trabalhador ou não (FORMIGHIERI; CORRÊA; SANTOS, 2016, p. 88-89)

Desse modo, fica evidente que as empresas e seus respectivos sistemas de gestão em segurança devem criar mecanismos capazes de identificar, analisar, reduzir e eliminar tanto os acidentes, quanto os quase acidentes, além de tornar, a partir desta análise, possível, a implementação de medidas de controle. Uma boa forma de colocar em prática essa demanda é a utilização de programas como o CIQA-YUSEN.

Como funciona o programa CIQA-YUSEN e qual seu objetivo?

O programa CIQA-YUSEN, recebe este nome por meio da união entre dois temas que compõe a gestão de segurança em quaisquer empresas, são eles: Condições Inseguras e os Quase Acidentes. A união das iniciais resultou na produção do nome CIQA.

O programa foi implantado pelo SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho), com o intuito de melhorar as constantes ocorrências de quase acidentes e das condições inseguras, dentro das empresas. Antigamente, o CIQA era realizado por meio de formulários manuais, hoje, no entanto, têm-se a tecnologia crescendo formidavelmente e em ritmo acelerado, o que otimiza tempo e organiza de forma mais clara a maior parte das informações. Em outras palavras, o CIQA, atualmente, é realizado por meio do aplicativo mencionado, que se encontra disponibilizado nos celulares da gestão apenas.

Antes que o programa entrasse em vigor, foi realizado um treinamento com todos os colaboradores e um DDS (Diálogo Diário de Segurança) geral mostrando por meio de slides, o funcionamento do aplicativo a todos e enfatizando que o intuito do programa era de eliminar os pontos de risco existentes na empresa. O funcionamento do programa é simples e seu manuseio é realizado pelos: técnicos de segurança no trabalho da empresa, sua gerência, liderança, supervisão e diretoria de cada turno, estes são os únicos que têm acesso direto ao programa, no entanto, para que um relatório final seja produzido no decorrer do processo como parte fundamental, estão os colaboradores ou funcionários da empresa.

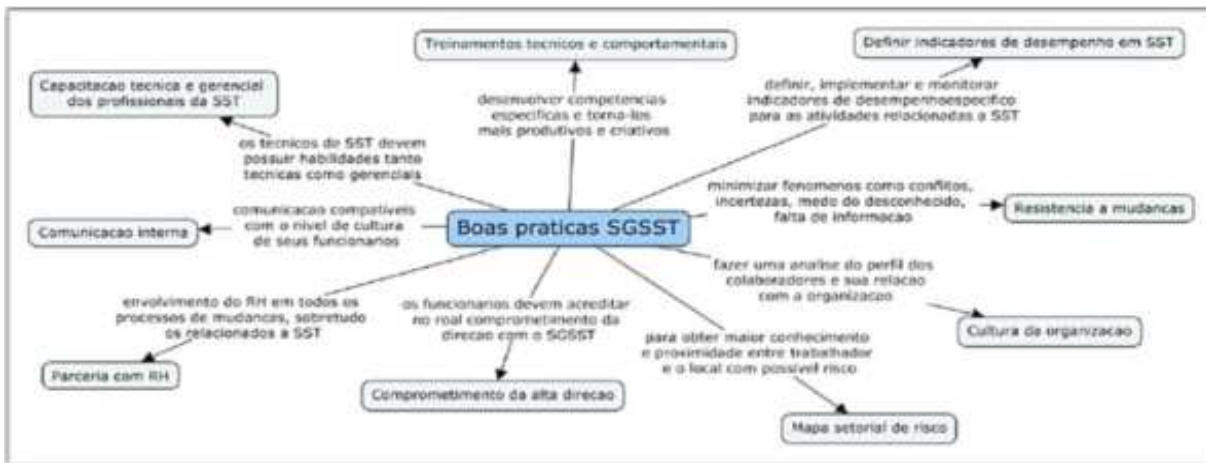
O CIQA é obrigatório e é realizado uma vez por mês, no entanto a cada quinze dias é realizado o DDS do SCORE CARD, quando são mostrados os dados do CIQA, ou seja, quais as ocorrências mais frequentes de incidentes e de condições inseguras, além de serem apresentadas as tratativas para que sejam encontradas formas de prevenção para as condições inseguras e quase acidentes pontuados, no decorrer do período mencionado.

No que se refere às funções de todos os trabalhadores da empresa para que o programa seja de fato eficiente, as seguintes afirmações são, além de válidas, necessárias para que se entenda como se dá a aplicabilidade no cotidiano dos trabalhadores do programa: são três técnicos, um para cada turno, responsáveis pelo monitoramento dos dados coletados por meio do programa, para posteriormente levarem ao DDS de gerência. Os técnicos são responsáveis por apresentar esses dados, portanto também é sua função cobrar os líderes de cada setor que movimentem seus colaboradores a realizarem, dentro do prazo, sua CIQA.

Vale ressaltar que os colaboradores não têm acesso direto ao programa, portanto, quando desejam pontuar, encaminham-se às suas lideranças ou à supervisão e estes abrem o computador para que o colaborador realize sua CIQA, que é obrigatória. A pontuação da Condição Insegura é feita uma a cada mês, enquanto do quase acidente é uma a cada três meses. Durante as reuniões são expostas essas tratativas e, em seguida, tomadas decisões a respeito do que deve ser feito, como: DDS e treinamentos com os colaboradores, para conscientizá-los das condições inseguras, e dos quase acidentes relatados, ao passo de que são instruídos sobre como evitá-las.

De acordo com o exposto, fica claro que o programa atende às demandas apresentadas por Oliveira (2010 *apud* SANTOS; MICHALOSKI, 2014, p. 5), como a Figura 1, das boas práticas para SGSST, por exemplo:

Figura 1. Boas práticas para SGSST.



Fonte: adaptado de Oliveira (2010 *apud* SANTOS; MICHALOSKI, 2014).

Por meio de um esquema simples, a autora identificou os principais pontos que tornam eficaz e expressam a necessidade do cumprimento de SGSST dentro de quaisquer empresas. É válido salientar que, assim como mostrado na Figura 1, a empresa que trabalha com o programa apresentado neste, realizou reuniões com os trabalhadores, deixando claro o processo e a necessidade do bom cumprimento de cada etapa e do bom serviço de todos os responsáveis, para que o objetivo de evitar o máximo de acidentes, quase acidentes e eliminar as condições inseguras seja alcançado.

A grande demanda de notificações por meio do programa (CIQA-YUSEN) auxilia ou atrapalha na busca pela diminuição dos quase acidentes apresentados pelas condições inseguras?

Essa necessidade de notificar as condições inseguras dentro do ambiente de trabalho não é atual e deve-se à implantação de uma lei relacionada aos acidentes de trabalho, como explica (SALIBA, 2004 *apud* NOVELLO; PAZZINI, 2013) ao afirmar que as primeiras leis de acidente de trabalho surgiram na Alemanha, em 1884. Vale ressaltar que “com a criação da Organização Internacional do Trabalho (OIT), pelo tratado de Versalhes, as normas de proteção à saúde e integridade física do trabalhador ganharam força, contribuindo bastante na prevenção de acidentes e doenças do trabalho” (NOVELLO; PAZZINI, 2013, p. 5).

O programa CIQA-YUSEN, como já mencionado anteriormente, é um mecanismo que visa, além de identificar os riscos aos quais os profissionais da empresa estão submetidos, evitar que os acidentes, bem como os quase acidentes, ocorram. Sabendo-se que nem todos os funcionários dentro da empresa têm acesso ao programa analisado no presente trabalho, fica claro que não existe de fato uma sobrecarga no programa, nem sobre os responsáveis por resolver as solicitações que constam neste. Vale ressaltar que as atividades são bem especificadas, em outras palavras, existe um trabalhador para cada função, o trabalhador que notifica o problema não é responsável por solucioná-lo.

Desse modo, embora haja sim, uma grande demanda de notificações, isso não representa um problema para o mecanismo de controle de riscos da empresa, o programa. Ou seja, a grande demanda de notificações não atrapalha na busca pela diminuição dos quase acidentes apresentados pelas condições inseguras. As notificações, mesmo que sejam diversas, são corre-

tamente atendidas e servem bem para o objetivo da empresa no ato de implantação do programa como mecanismo de prever as condições inseguras, os acidentes e os quase acidentes, ao mesmo passo que torna também possível e eficaz a tentativa de evitá-los.

Por que é válida e necessária a utilização de programas de segurança como o CIQA-YUSEN?

De acordo com Novello e Pazzini (2013), a comunicação do acidente de trabalho (CAT) é um formulário preenchido pela empresa visando demonstrar a ocorrência de acidente de trabalho ou doença profissional de seu empregado. Desse modo, torna-se claro que a notificação a respeito dos acidentes de trabalho não é algo inventado, nem atual. “Segundo informação do Ministério da Previdência Social, a Comunicação de Acidente do Trabalho – CAT foi prevista inicialmente na Lei nº 5.316/1967, com todas as alterações ocorridas posteriormente até a Lei nº 9.032/1995, regulamentada pelo Decreto nº 2.172/1997” (NOVELLO; PAZZINI, 2013). Além disso, (OLIVEIRA, 2008 *apud* NOVELLO; PAZZINI, 2013) afirma que, por meio da comunicação do acidente do trabalho (CAT) à Previdência Social, se dá o primeiro passo para o reconhecimento de qualquer direito ao empregado que sofreu acidente do trabalho ou situação legalmente equiparada.

Desse modo, programas de segurança como o CIQA-YUSEN tornam-se extremamente válidos, assumindo o propósito de um mecanismo que visa identificar os riscos presentes dentro da empresa, que comprometem os seus trabalhadores, e após tal identificação, criar medidas de controle, prevenção, até que se torne possível eliminar os riscos de acidentes e quase acidentes dentro da empresa.

METODOLOGIA

Com o intuito de responder satisfatoriamente aos questionamentos que estruturaram a presente pesquisa, apontados inicialmente, foi necessário definir de forma clara as metodologias a serem utilizadas, com o intuito de evitar a fuga do assunto do trabalho. Isso porque cada trabalho de pesquisa conta com procedimentos diferenciados e específicos para que se alcancem resultados satisfatórios de acordo com os objetivos instituídos inicialmente por seus investigadores.

Visando expor conhecimento científico e assertivo, além de um desenvolvimento satisfatório da pesquisa, um estudo descritivo acerca do tema e dos envolvidos foi realizado, de modo que as dúvidas e questionamentos propostos inicialmente pelos investigadores fossem sanados durante o decorrer e aplicação do trabalho investigativo, ou seja, os pesquisadores preocuparam-se em explicar de forma direcionada e embasada porque é válida e necessária a utilização de programas de segurança dentro de uma empresa como o CIQA-YUSEN, por meio da análise de gestão de segurança da empresa visitada e do programa mencionado. Segundo Gil (2002), é na presente seção do trabalho que são descritos os procedimentos a serem seguidos na realização da pesquisa.

Os trabalhos de pesquisa devem contar com linhas de pesquisa pré-estabelecidas para facilitar a busca por respostas, no caso da presente pesquisa, as linhas de pesquisa embasadoras foram bibliográficas e experimentais, bem como entrevistas. A aplicação da presente pesquisa, ocorreu em uma empresa no bairro Tarumã, na zona Oeste de Manaus, no dia 25 de abril de 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as pesquisas bibliográficas, consultas realizadas em sites e as entrevistas realizadas em campo, tornou-se evidente que a necessidade de identificar, prevenir e criar mecanismos para eliminar os acidentes, quase acidentes e as condições inseguras dentro do

ambiente de trabalho de quaisquer empresas não é atual, mas ganhou mais visibilidade e está sendo efetivamente mais cobrada com o passar do tempo. Já foram implantados leis e decretos que afirmam a necessidade de as empresas criarem mecanismos eficientes para garantir a saúde de seu trabalhador.

O programa CIQA-YUSEN, analisado no decorrer deste, foi o mecanismo encontrado na empresa em questão, o qual é responsável por identificar, relatar e corrigir as condições inseguras, diminuindo, assim, o risco de acidentes e quase acidentes dentro da empresa. Na Tabela 1 expusemos dados comparativos dos índices de condições inseguras antes e depois da implantação do programa:

Tabela 1. Dados comparativos de condições inseguras e quase acidentes.

Relatórios de C.I antes do CIQA - YUSEN		Relatórios de C.I depois do CIQA - YUSEN	
Condição Insegura	Quantidade de relatórios	Condição Insegura	Quantidade de relatórios
Palete quebrado	6	Palete quebrado	4
Forro caindo	3	Forro caindo	2
Piso molhado	7	Piso molhado	3
Forro com goteira	6	Forro com goteira	0
Buraco no piso	4	Buraco no piso	1
Lâmpada queimada na linha	5	Lâmpada queimada na linha	0

Fonte: os autores (2021).

Vale ressaltar que o relatório de condições inseguras auxilia no processo de redução dos acidentes e quase acidentes, portanto, de acordo com o exposto na Tabela 1 de dados comparativos, se a condição insegura foi menos relatada ou não foi relatada o problema está sendo resolvido ou já foi resolvido, tornando possível afirmar que o processo é válido e eficaz, e vem modificando a realidade dos trabalhadores dentro da empresa analisada positivamente, visto que seus trabalhadores sentem-se mais seguros dentro do ambiente de trabalho, conscientes de que existe um processo firme que os assegura durante sua jornada de trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o exposto, entende-se que a gestão de segurança dentro das empresas faz-se necessária constantemente e já é fixada por leis e decretos há anos. O seu descumprimento pode acarretar sérios danos à empresa, e principalmente aos funcionários que estariam expostos à inúmeros riscos dentro do ambiente de trabalho sem nenhum amparo ou vislumbre de segurança.

As empresas passaram, com o decorrer do tempo, a buscar mecanismos que tornassem possível, não apenas identificar as condições inseguras as quais seus trabalhadores estavam expostos durante a jornada de trabalho dentro da empresa, mas também prevenir e evitar que tais condições inseguras viessem a prejudicar o trabalhador em forma de um acidente ou de um quase acidente.

No decorrer deste, o mecanismo utilizado para exemplificar a necessidade de implantação de um sistema de gestão de segurança dentro das empresas, foi o programa CIQA-YUSEN, por meio do qual, como explicitado, são produzidos notificações e relatórios que auxiliam a empresa a fazer a análise de todos os seus setores, buscando diminuir as condições inseguras

que cercam seus trabalhadores e, conseqüentemente, evitar os acidentes e quase acidentes, ou seja, auxilia no processo de fornecimento de segurança aos seus trabalhadores, que, de fato, são mais produtivos, sabendo que estão fazendo parte de uma empresa que zela por seu bem estar enquanto servidor.

Desse modo, entende-se que é válida e necessária a implantação de programas de gestão de segurança dentro das empresas. É importante frisar que a comunicação dos acidentes e quase acidentes por meio do programa analisado é, de fato, eficiente e válida.

REFERÊNCIAS

BASILE, C. R. O. **Direito do trabalho: teoria geral a segurança e saúde**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

BENITE, A. G. **Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho para empresas construtoras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2004.

FORMIGHIERI, J. R.; CORRÊA, A. F.; SANTOS, J. M. dos. **Gestão em segurança do trabalho**. Indaial: UNIASSELVI, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

NOVELLO, D. L.; PAZZINI, I. S. **Saúde ocupacional e medicina do trabalho II**. Indaial: UNIASSELVI, 2013.

OHSAS 18001: 2007 – Sistemas de gestão da segurança e da saúde do trabalho – requisitos. Londres: BSI Group, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/3mLvU7l>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SANTOS, E. M. dos; MICHALOSKI, A. O. **O comprometimento da diretoria, uma ferramenta na gestão da saúde e segurança no trabalho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 4., 2014, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Ponta Grossa: APREPRO, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/42fbPH9>. Acesso em: 26 abr. 2021.

DEFINIÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM CANTEIRO DE OBRAS

DEFINITIONS AND STRATEGIES FOR IMPLEMENTING A CONSTRUCTION SITE

Jeferson Alves de Oliveira¹

Júlio Leite de Morais¹

Ronei do Espírito Santo¹

Teago Santos Viana²

Resumo: Um problema muito comum em obras de pequeno e grande porte, é a falta de estrutura na elaboração dos canteiros de obras, sendo eles muitas vezes incompatíveis às reais necessidades de uma construção. Isso pode influenciar em diversos problemas, como instalações mal feitas, perda de materiais, e até mesmo situações mais graves, como acidente entre os colaboradores. Esse déficit fez com que muitos engenheiros pensassem em melhorias para sua logística. Assim, perceberam que o primeiro passo para um canteiro bem estruturado é o planejamento. Dessa forma, a pesquisa tem como objetivo analisar os resultados de um canteiro de obra bem planejado, visando sua qualidade, produtividade e segurança dos colaboradores.

Palavras-chave: Canteiro de obras; Planejamento; Segurança.

Abstract

A very common problem in small and large works is the lack of structure in the preparation of construction sites, which are often incompatible with the real needs of a construction, this can influence several problems, such as poorly maintained facilities, loss of materials, and even more serious situations, such as accidents among employees. This deficit made many engineers think about improvements to their logistics, thus, they realized that the first step towards a well-structured construction site is planning. In this way, the research aims to analyze the results of a well-planned construction site, aiming at its quality, productivity, and employee safety.

Keywords: Construction site; Planning; Safety.

INTRODUÇÃO

Todos os processos de uma construção devem ocorrer de forma simultânea e organizada, desde os aspectos mais básicos como o orçamento de materiais, ao projeto arquitetônico. O planejamento operacional é essencial para obter resultados mais precisos, diminuindo riscos e desperdícios durante a obra.

Um dos primeiros passos, e não menos importante, está em se pensar a estrutura do canteiro de obras, visando sua logística e royalty. O canteiro se constitui em um espaço destinado ao apoio e execução da obra, onde serão guardados equipamentos, maquinários, e todos os materiais necessários para a construção.

Para se projetar um canteiro eficiente, é preciso definir estratégias, levando em consideração aspectos como o local de construção, se ele será restrito amplo ou linear, dentre outros. Dessa forma, de que maneira um canteiro de obra bem planejado pode influenciar em todo processo de construção? Quais estratégias precisam ser elaboradas? E quais erros devem ser evitados?

¹ Discentes do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI –. Rodovia BR 470 - Km 71 - no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniassearvi.com.br.

² Professor tutor geral, Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI –. Rodovia BR 470 - Km 71 - no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniassearvi.com.br

Para responder as perguntas supracitadas, o trabalho tem como objetivo analisar os resultados de um canteiro de obra bem planejado, visando sua qualidade, produtividade e segurança dos colaboradores.

REFERENCIAL TEÓRICO

De modo geral, o canteiro de obras é um espaço de uso temporário, contendo em sua estrutura áreas de convivência e áreas operacionais. As áreas de convivência são destinadas aos funcionários, contendo ambientes sanitários, dormitórios e refeitórios. Já nas áreas operacionais estão os depósitos, escritórios, portarias, dentre outros.

Um canteiro de obras bem estruturado é a base para que toda a construção ocorra de forma segura e produtiva, portanto é preciso que tudo esteja de acordo com as normas da NR-18, que define padrões de segurança para a empresa e para seus colaboradores.

Para atender às normas, e a um mercado mais competitivo, exigindo a melhoria da qualidade e da produtividade das construções, torna-se necessário a elaboração do projeto do canteiro de obras, como forma de atender as exigências legais, e possibilitar a otimização das condições de trabalho e segurança nas obras, contribuindo para o funcionamento mais eficiente do sistema de produção (FERREIRA; FRANCO, 1998, p. 3).

A NR-18 é uma norma que deve ser seguida em qualquer modelo de canteiro de obras, ela é voltada especificamente a segurança de trabalho dentro da construção civil, como apresenta Rocha, Saurin e Formoso (2000, p. 3),

Ainda que todas as NR sejam aplicáveis à construção, destaca-se entre elas a NR-18, visto que é a única específica para o setor. Além das NR, a segurança do trabalho na construção também é abordada em algumas normas da ABNT, tais como a NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão) e a NBR 56 (Segurança nos Andaimes).

Outro passo importante para a execução de um projeto é o planejamento, quando deverão ser pontuados todos os processos da obra, como a escolha do terreno, os materiais utilizados, quantos funcionários serão contratados, e qual modelo de canteiro será implementado.

A utilização de ferramentas para a melhoria da qualidade e da produtividade e, a incorporação de inovações tecnológicas ao processo de produção do edifício, são alguns dos princípios para a modernização do setor da construção, que podem ser aplicados ao desenvolvimento do projeto de produção, com vistas à identificação e análise de problemas, à definição das especificações e ao planejamento das diversas etapas, do projeto de produção e do projeto do canteiro de obras (FERREIRA; FRANCO, 1998, p. 4).

O bom planejamento também pode evitar inúmeros erros e prejuízos, como desperdício de materiais e suprimentos. As instalações elétricas também devem ser planejadas cuidadosamente, pois uma instalação mal feita, pode gerar inúmeros acidentes.

Para executar as instalações elétricas é preciso dispositivo diferencial residual, quadros de distribuição, aterramentos temporários e permanentes, mas também são considerados maiores locais de risco, como apresenta Cáceres (2007, p. 3):

Neste sentido podemos dizer que dentre os locais de maior risco de acidentes com energia elétrica temos: quadros de distribuição, terminal e medição; dispositivos de proteção e manobra; instalações aéreas; instalações subterrâneas; plugs e tomadas; iluminação provisória; máquinas e equipamentos.

As instalações elétricas também são fundamentais para manutenção do canteiro, e assim como ele, ela é realizada de forma provisória. Segundo Cáceres (2007, p. 7),

A iluminação provisória deverá obedecer à quantidade de lux necessário para a atividade a ser exercida pelo trabalhador independentemente de ser provisória, os circuitos de iluminação deverão ter seu dispositivo de proteção e manobra nos quadros terminais.

Dessa forma, um canteiro restrito, deve ter um planejamento específico, diferente do canteiro longo ou amplo. Devem ser considerados também as condições climáticas, a vizinhança local, o solo, e tudo que pode influenciar positivo e negativamente nos processos da construção.

O detalhamento do planejamento operacional da produção, deve ser realizado através do projeto global do canteiro, abrangendo a revisão do cronograma, das fases do canteiro, das alternativas de transporte, e do anteprojeto das fases do canteiro, buscando, através de uma síntese, compatibilizar o que foi otimizado no desenvolvimento das fases, e realizar o detalhamento dos elementos do canteiro (FERREIRA; FRANCO, 1998, p. 19).

Figura 1. Canteiro de obras.



Fonte: <https://bit.ly/3T7UBXP>. Acesso em: 2 dez. 2021.

O fluxograma supracitado (Figura 1) apresenta de forma detalhada todos os processos de um canteiro, como a mão de obra, equipamentos, clima e outros. Para que um projeto arquitetônico seja eficiente, é preciso que todos esses pontos sejam levados em consideração.

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, o método utilizado foi o da pesquisa bibliográfica, com o objetivo de obter dados a partir de documentos e pesquisas de outros autores sobre o tema proposto. Assim, foi utilizada a tipologia de pesquisa descritiva, na qual foram feitas observações sistemáticas e levantamentos de dados sobre o canteiro de obras.

As ferramentas utilizadas foram artigos científicos, livros e imagens ilustrativas, como a apresentada no texto. Dessa forma, o trabalho analisou e descreveu as estratégias, definições e importância de um canteiro de obras para um projeto arquitetônico.

Os principais autores utilizados como fontes foram Cáceres (2007), Ferreira e Franco (1998) e Rocha, Saurin e Formoso (2000), cada um deles com contribuições significativas sobre o tema estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a pesquisa realizada, foi possível identificar a importância de um bom planejamento de canteiro de obras, pois todos os processos posteriores de uma obra dependerão dele. Foram analisadas suas características, como iluminação, parte elétrica, NR-18, como também suas estruturas operacionais e de convivência.

Fazendo um paralelo entre os conceitos que foram apresentados, percebemos que um canteiro bem elaborado é a base para a fundamentação de um bom projeto arquitetônico, dessa forma, é essencial definir estratégias para que toda a logística da construção aconteça de forma produtiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste trabalho foi possível perceber a importância de um canteiro de obras em todo o processo de uma construção. Sabendo dessa importância, a gestão do canteiro hoje é fundamental, sendo desenvolvidas a todo momento estratégias que melhorem toda sua logística.

Para gerir um canteiro de obras é preciso muito planejamento e conhecimento, pois devem ser levados em consideração tanto as normas de construção, quanto as normas trabalhistas. Com o avanço tecnológico, várias inovações foram criadas para facilitar a logística de um canteiro, assim, é essencial que os profissionais da área da construção estejam sempre buscando novos conhecimentos.

REFERÊNCIAS

CÁCERES, João Rafael G. **Instalações elétricas provisórias e seguras em canteiro de obras**. Lins: UNILINS, 2007. Disponível em: <http://www.segurancanotrabalho.eng.br/artigos/intseg.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2021.

FERREIRA, Emerson de Andrade Marques; FRANCO, Luiz Sérgio. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios**. São Paulo: Epusp, 1998.

ROCHA, C. A.; SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Avaliação da Aplicação da NR-18 em canteiros de obras**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., 2000, São Paulo. Anais [...]. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

ANÁLISE DO DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO COM BORRACHA DE PNEU E CAVACO DE TORNO COMO SUBSTITUTOS PARCIAIS DO AGREGADO MIÚDO

Analysis of the mechanical performance of concrete with tire rubber and lathe chip as partial substitutes for small aggregate

José Alvaro Luciani¹
Aline de Viegas Beloni²

Resumo: O objetivo do estudo é desenvolver três grupos de concreto, o primeiro com a substituição de um percentual de 5%, 10% e 15% da areia natural por resíduos de borracha de pneu, o segundo nos mesmos teores de substituição de areia natural por borracha de pneu (5%, 10% e 15%) realizando o reforço deste concreto com a substituição de mais 2% de areia natural por cavaco de torno (substituindo em até 17% a areia natural) e o terceiro concreto convencional (traço referência), afim de, uma melhoria nas propriedades mecânicas do concreto. A metodologia foi dividida em quatro fases: a primeira fase é a caracterização dos agregados, a segunda fase a elaboração do traço de dosagem do concreto pelo método da ABCP; a terceira fase avalia o concreto no estado fresco, a qual determina a consistência pelo abatimento do tronco de cone pela NBR NM 67:1998 e a moldagem dos corpos de prova conforme a NBR 5738:2015; na quarta fase é análise do concreto no estado endurecido, em que, aplica-se os ensaios de resistência a compressão NBR 5739:2018, resistência a tração por compressão diametral NBR 7222:2011 e determinação da absorção de água pela NBR 9778:2009. Nos resultados observou-se de maneira geral que conforme aumenta o teor de borracha diminui a resistência mecânica dos concretos. Os concretos com teor de borracha + cavaco de torno, não apresentaram melhoria na resistência a compressão. Já na resistência a tração por compressão diametral, os concretos com teor de borracha + cavaco de torno a apresentaram resultados satisfatórios quando comparado aos demais grupos. Na absorção de água, o concreto com (borracha + cavacos) apresentou uma melhoria comparado com os outros traços. Conclui-se que é possível obter resultados satisfatórios com agregados reciclados, desde que atenda a determinadas percentuais de substituição de agregado natural por agregado reciclado.

Palavras-chave: Borracha de pneu; Cavaco de torno; Areia natural.

Abstract: The objective of the study is to develop three groups of concrete, the first with the replacement of a percentage of 5%, 10% and 15% of the natural sand by waste tire rubber, the second in the same levels of replacement of natural sand by rubber of tire (5%, 10% and 15%) reinforcing this concrete with the replacement of another 2% of natural sand by lathe chips (replacing up to 17% of natural sand) and the third conventional concrete, in order to, an improvement in the mechanical properties of concrete. The methodology was divided into four phases: the first phase is the characterization of the aggregates, the second phase is the elaboration of the mix mix for concrete using the ABCP method; the third phase evaluates the concrete in the fresh state, which determines the consistency by the slump of the truncated cone according to NBR NM 67:1998 and the molding of the specimens according to NBR 5738: 2015; in the fourth phase, the analysis of the concrete in the hardened state is applied, in which the NBR 5739:2018 compressive strength tests, NBR 7222:2011 diametrical tensile strength and determination of water absorption by NBR 9778:2009 are applied. In the results it was generally observed that as the rubber content increases, the mechanical resistance of the concretes decreases. Concretes with rubber content + lathe chips did not show improvement in compressive strength. As for the tensile strength by diametral compression, the concretes with rubber content + lathe chips presented satisfactory results when compared to the other groups. In water absorption, the concrete with (rubber + chips) showed an improvement compared to the other mixes. It is concluded that it is possible to obtain satisfactory results with recycled aggregates, provided that certain percentages of replacement of natural aggregate with recycled aggregate are met.

Keywords: Tire rubber; lathe chip; Natural sand.

¹ Graduado em Engenharia Civil da UNIASSSELVI, Blumenau, SC, www.uniasselvi.com.br.

² Prof.^a do Curso de Engenharia Civil da UNIASSSELVI, Blumenau, SC, aline.beloni@uniasselvi.com.br.

1 INTRODUÇÃO

A areia natural é o material mais utilizado no mundo como agregado miúdo, componente essencial na formulação do concreto. Segundo Kulaif (2013), devido a uma grande demanda nas últimas décadas, a escassez da areia natural ocorre geralmente em grandes aglomerados urbanos, onde se encontra grandes obras de concreto. Com a escassez desse recurso torna-se necessário a busca por materiais alternativos como substitutos parciais ou totais deste material. Pesquisadores do mundo inteiro realizam estudos em cima de diversos materiais visando sua utilização, podendo destacar a areia resultante de processos industriais e outro grupo de materiais que são considerado os agregados reciclados.

Atualmente, cerca de 450 mil toneladas de resíduos de pneus são geradas no Brasil, segundo dados do SEST SENAT (2017). Trata-se de um material abundante em todo o mundo, e que apresenta um processo simplificado de transformação do pneu em um material triturado para utilização como substituto parcial na composição do agregado miúdo. Na construção civil o pneu tem sido utilizado de várias formas, com seu formato original na produção de muros de gravidade, triturado para fins de utilização como agregado miúdo na produção de ciclovias e também na forma triturada para alimentar fornos de produção de cimento e asfalto, porém a borracha ainda não é utilizada para concretos de alta resistência como para uso estrutural por exemplo. Segundo Albuquerque (2009), conforme se aumenta o teor de borracha no concreto, se observa uma queda nas propriedades mecânicas e na consistência deste, quando devemos buscar soluções em que a utilização deste material apresente propriedades similar ou aproximada ao concreto referência.

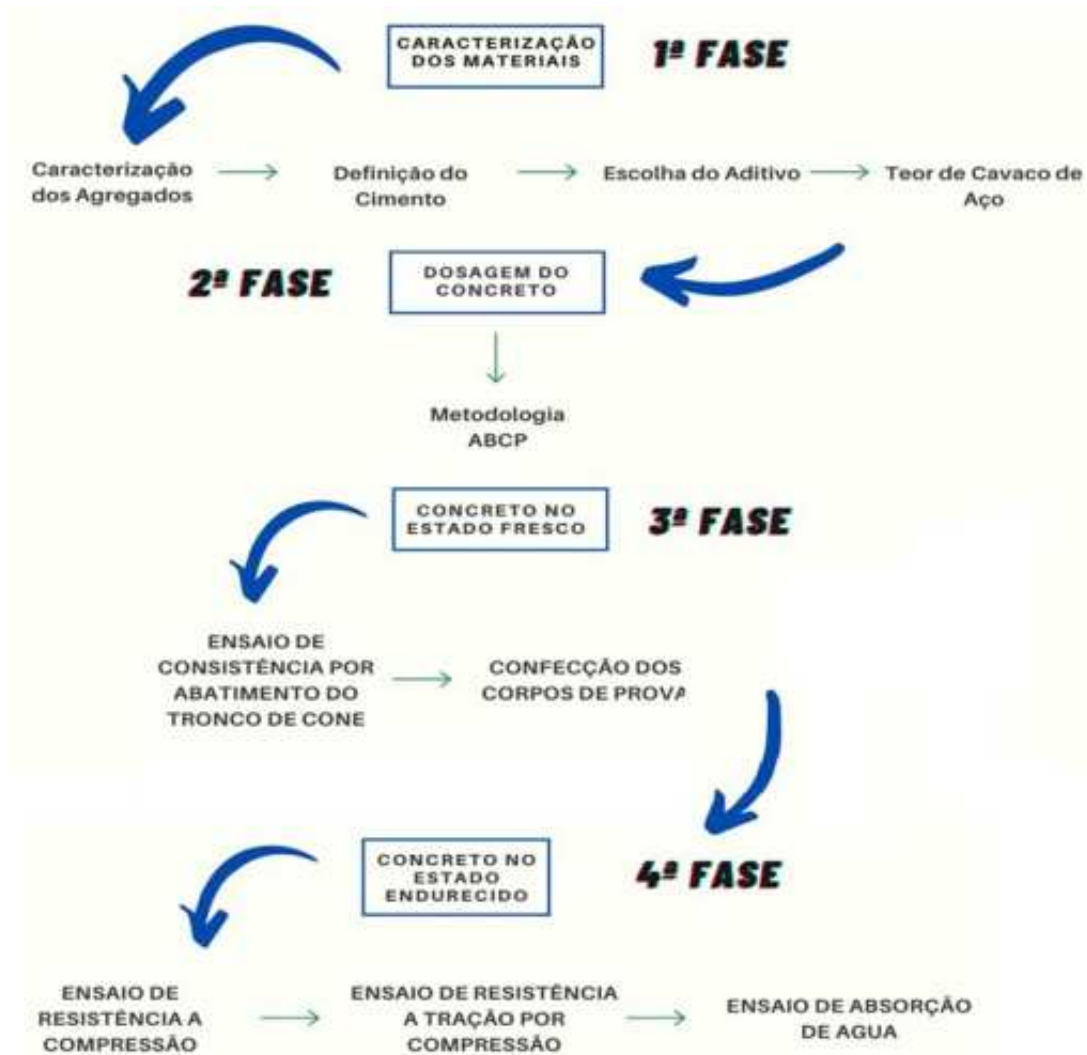
O objetivo principal do estudo é desenvolver três grupos de concreto, consistindo o primeiro grupo com a substituição de um percentual de 5%, 10% e 15% da areia natural por resíduos de borracha de pneu, o segundo grupo consistindo nos mesmos teores de substituição de areia natural por borracha de pneu (5%, 10% e 15%) realizando o reforço deste concreto com a substituição de mais 2% de areia natural por cavaco de torno (substituindo em até 17% a areia natural) e o terceiro grupo concreto convencional (traço referência), afim de, uma melhoria nas propriedades mecânicas do concreto. Para atingir o objetivo geral fez-se necessária sua divisão entre os seguintes objetivos específicos: executar a caracterização dos agregados; avaliar a consistência, resistência à compressão, resistência a tração por compressão diametral, absorção de água e massa específica do concreto; realizar a comparação dos resultados do concreto com resíduos de borracha de pneu, do concreto com resíduos de borracha de pneu com adição de cavacos com o concreto referência; apresentar os resultados obtidos e indicar sua viabilidade técnica de utilização.

Tendo em vista tal problemática, a solução encontrada seria realizar o reforço deste concreto, com as fibras de aço produzidas especificamente para esse fim, porém, para este estudo, busca-se um material que reduza o impacto ao meio ambiente e apresente geometria e propriedades similares a estas fibras de aço. Nesse sentido, o insumo abordado é o cavaco de torno, que é o resíduo originado das máquinas de tornearia do setor metalomecânica, essas fibras de aço têm sua destinação final em sucatas para posteriormente voltarem a ser beneficiadas no mesmo setor. O cavaco de torno não é muito explorado para utilização como substitutos para agregados na construção civil.

2 METODOLOGIA

O presente estudo tem caráter quantitativo, com relação a melhoria das propriedades dos concretos desenvolvidos. A metodologia aplicada para alcançar os objetivos propostos no projeto de pesquisa é apresentada na Figura 1.

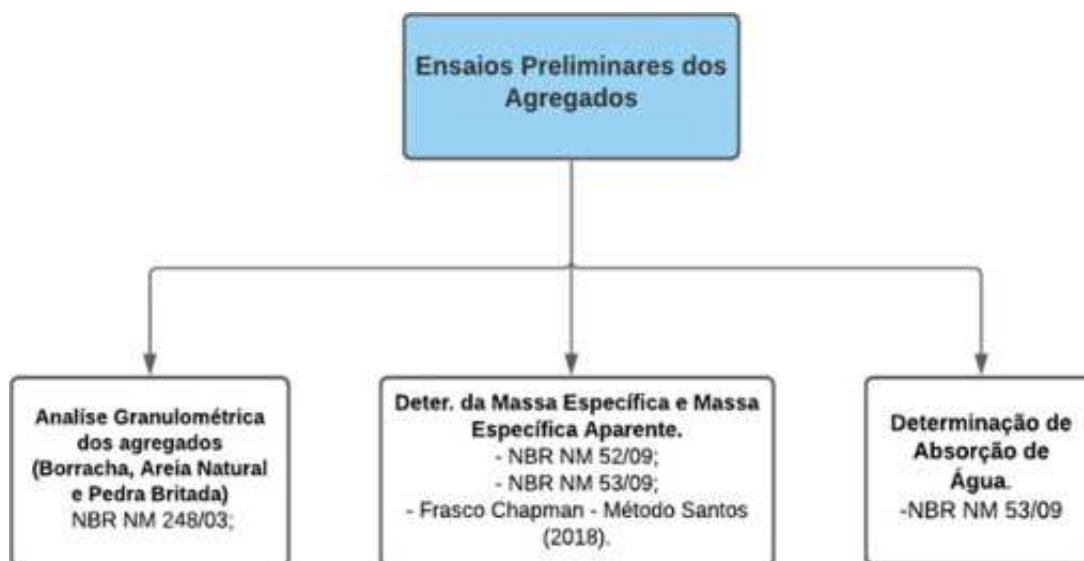
Figura 1 – Metodologia do trabalho.



Fonte: o autor (2020).

A primeira fase consiste no processo de caracterização dos agregados utilizados: areia natural, borracha de pneu, cavaco de torno, e brita (Figura 2). O cimento utilizado foi o Cimento Portland CP IV – Pozolana conforme adotado na metodologia de Santos (2018) e Guimarães e Ozório (2012). O aditivo plastificante foi utilizado no traço para a melhoria da consistência da massa com teores de borracha, e para a borracha com fibras de aço segundo metodologia de Albuquerque (2009). O teor de cavaco de torno adotado é de 2%, este porcentual substituirá 2% de areia natural.

Figura 2 – Ensaios da Fase 1.



Fonte: o autor (2020).

A segunda fase apresenta a determinação da dosagem do traço do concreto conforme método de cálculo da ABCP. A dosagem do traço foi calculada de acordo com as características e propriedades dos agregados exigidas para o concreto. Para o estudo, foi realizado sete traços de concreto (Tabela 1), sendo o traço de referência, três traços com substituição parcial da areia com três teores (5%, 10% e 15%) de borracha, e três traços utilizando os mesmos três teores de substituição de borracha, mas com acréscimo de 2% de cavaco de torno substituindo a areia natural.

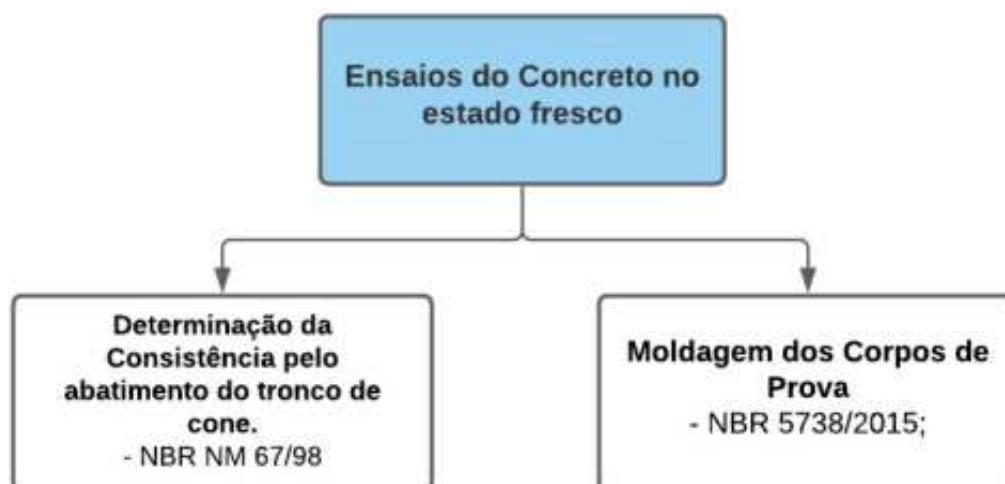
Tabela 1 – Consumo dos materiais dos traços

Insumos	REF.	5% Borracha	10% Borracha	15% Borracha	5% Borracha + 2% Cavaco	10% Borracha + 2% Cavaco	15% Borracha + 2% Cavaco
Cimento CP-IV F (Kg)	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51
Areia Natural (Kg)	15,74	14,96	14,17	13,38	14,64	13,85	11,11
Borracha (Kg)	-	0,75	1,57	2,36	0,75	1,57	2,36
Cavaco de Aço (Kg)	-	-	-	-	0,25	0,25	0,31
Brita Nº1 (Kg)	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05
Água (L)	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63
Aditivo (ml)	-	8	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5

Fonte: o autor (2020).

Na terceira fase foram realizados os procedimentos com o concreto em seu estado fresco conforme a Figura 3. Para o estudo, foram moldados 15 corpos de prova por traço, sendo seis para o ensaio de resistência à compressão, seis para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral e três corpos de prova para o ensaio de absorção de água, totalizando 105 corpos de prova moldados.

Figura 3 – Ensaio da Fase 3.



Fonte: o autor (2020).

Por fim, a quarta e última fase da metodologia após o processo de cura dos corpos de provas, após 28 dias com o concreto já em seu estado endurecido, foi realizado o ensaio de resistência à compressão normatizado pela NBR 5739:2018, o ensaio de resistência à tração por compressão diametral que é normatizado pela NBR 7222:2011 e a determinação do absorção a água normatizado pela NBR 9778:2009 conforme a Figura 4.

Figura 4 – Ensaio da Fase 4



Fonte: o autor (2020).

2.1 CARACTERIZAÇÃO E ENSAIOS PRELIMINARES DOS MATERIAIS

A caracterização e os ensaios foram feitos para todos materiais utilizados no estudo, porém aqui apresenta-se a caracterização para o resíduo de borracha e cavaco de torno, por não serem matérias de uso convencional em concretos.

A borracha de pneu utilizada foi fornecida por uma empresa de reciclagem de pneus localizada no município de Porto Belo, onde as amostras cedidas foram caracterizadas por meio da análise granulométrica conforme a NBR NM 248:2003. A determinação da massa específica foi determinada conforme a norma do DNER-ME 194/1998 para determinação da massa es-

pecífica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman adaptado pela metodologia de Santos (2018) para a determinação da massa específica da borracha e a determinação da sua massa unitária conforme a NBR NM 45:2006.

Para a realização da análise granulométrica da borracha, por ela conter partículas de fibras de aço, foi encontrada certa dificuldade para a realização do ensaio granulométrico em comparação com a areia natural. A análise granulométrica da borracha seguiu o mesmo procedimento adotado no ensaio da areia conforme as preconizações da NBR NM 248:2003.

Os cavacos de torno utilizados são oriundos de tornos mecânicos, equipamento de moldagem de peças da indústria metalomecânica, este material foi disponibilizado por uma empresa localizada no município de Blumenau-SC.

Os cavacos de torno utilizados (Figura 5) são de aço SAE 1045, oriundos do processo formação de peças metálicas no torno, e são descartados como sucata metálica.

Figura 5 – Cavaco de torno utilizados.



Fonte: o autor (2020).

As propriedades deste material são fornecidas pelo fabricante do aço por meio de um certificado de qualidade que é expedido após as vendas, em que visa garantir a qualidade deste material. O certificado de qualidade apresenta que o aço 1045 tem suas propriedades mecânicas atendidas a norma SAE J403 e apresenta sua análise química.

Como não é possível realizar uma análise granulométrica devido ao seu formato, foi realizado o ensaio de fator de forma deste material conforme padronizado pela DNIT-ME 425/2020.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

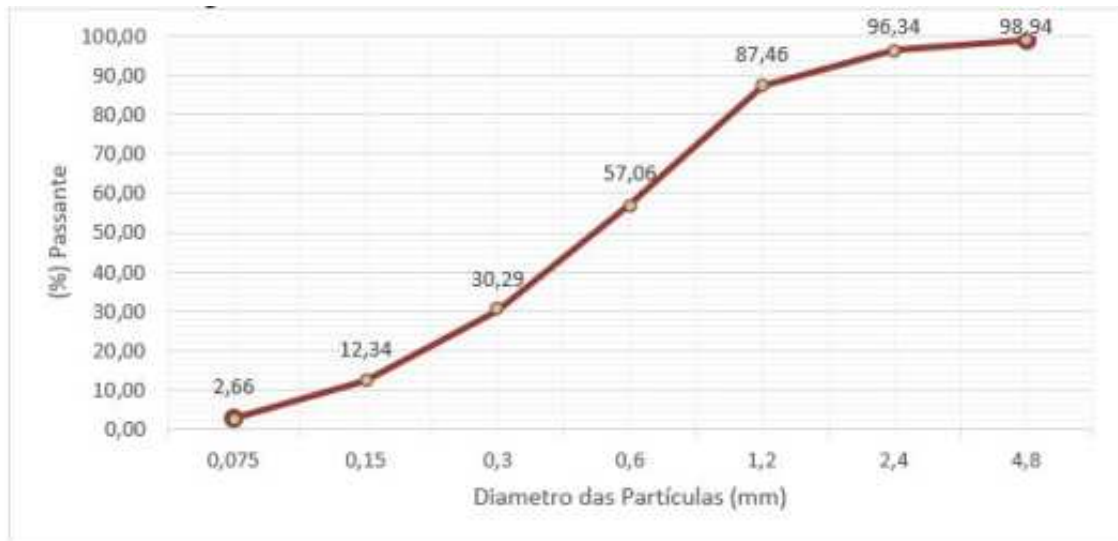
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.1.1 Agregados

3.1.1.1 Granulometria

Com os valores das porcentagens acumuladas dos materiais ensaiados, foi obtido as curvas granulométricas da areia natural, da borracha de pneu e da brita expressos nos Gráficos 1, 2 e 3, respectivamente.

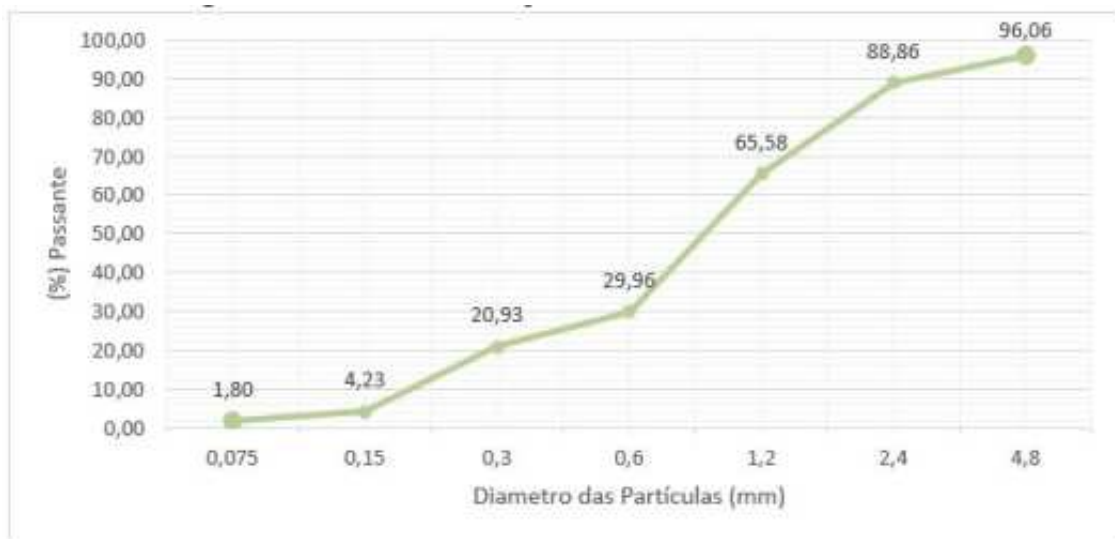
Gráfico 1 – Curva granulométrica da areia natural.



Fonte: o autor (2020).

Com base nos resultados obtidos do agregado miúdo, verifica-se que se trata de uma areia grossa, apresentando módulo de finura de 3,15 mm e diâmetro máximo de 4,8 mm.

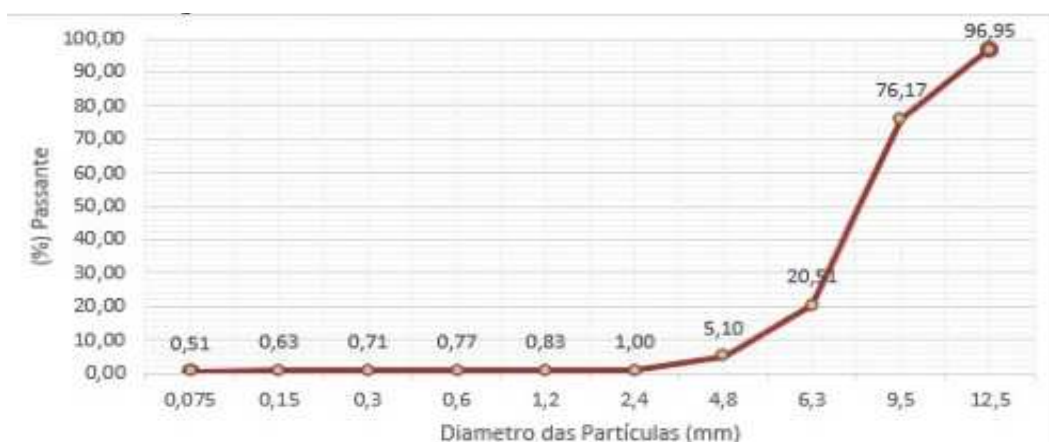
Gráfico 2 – Curva granulométrica da borracha de pneu.



Fonte: o autor (2020).

A borracha apresentou um módulo de finura de 3,93 mm, o que torna sua granulometria não muito desigual à da areia, se a borracha fosse classificada com o mesmo parâmetro adotado para a areia, ela também seria uma “areia grossa”, conforme classificado no estudo de Santos (2018) como um agregado mais grosso e o diâmetro máximo apresentado de 4,8 mm.

Gráfico 3 – Curva granulométrica da brita



Fonte: o autor (2020).

A brita apresentou diâmetro máximo de 12,5 mm, sendo classificada como uma brita nº 1, possuindo módulo de finura de 7,97 mm sendo considerado como um material uniforme.

3.1.1.2 Massa unitária e massa específica

A massa unitária da areia natural, borracha e brita foi obtida por meio da metodologia estabelecida pela NBR NM 45:2006 os valores obtidos apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Massa unitária no estado solto dos agregados.

Material	Massa Unitária (g/cm ³)
Areia natural	1,49
Borracha de pneu	0,404
Brita nº 1	1,51

Fonte: o autor (2020).

Com base nos resultados obtidos, destaca-se que a massa unitária da borracha é três vezes menor que a da areia natural, ou seja, o concreto com a utilização de borracha tende a ter uma menor densidade se comparado ao concreto convencional.

As massas específicas dos agregados caracterizados são expostas na Tabela 3, na qual são explanadas a massa específica, a massa específica aparente do agregado seco, a massa específica do agregado saturado com a superfície seca. A borracha apresentou apenas o resultado da massa específica, devido esta ter a densidade obtida por meio de outro método de ensaio.

Tabela 3 – Massas específicas dos agregados.

Material	Areia Natural	Borracha	Brita nº 0
Massa Específica. (g/cm ³)	2,466	1,223	2,79
Massa Esp. Apar. Agreg. Seco (g/cm ³)	2,448		2,75
Massa Esp. Agreg. Sat. Sup. Seca (g/cm ³)	2,509		2,77
Absorção (%)			0,43

Fonte: o autor (2020).

Observa-se que entre os agregados, a borracha é que apresenta a menor massa específica. Os valores obtidos para borracha foram comparados com os resultados dos estudos de Santos (2018) e de Albuquerque (2009), nos quais a borracha apresentou valores aproximados.

3.1.1.3 Cavacos de torno

O cavaco de torno, devido a suas características geométricas, não pode ser caracterizado por meio do ensaio de granulometria, logo teve suas características geométricas determinadas por meio do ensaio de índice de forma realizado pelo autor seguindo a metodologia estabelecida pela norma DNIT-ME 425/2020. Já a composição química foi retirada do certificado de qualidade do aço realizado pela empresa Mkraft por meio de análises de qualidade do material, e as propriedades mecânicas foram extraídas dos estudos de Luz (2017), o qual explana as propriedades mecânicas que o aço SAE 1045 necessita apresentar por norma. Todos esses parâmetros são expressos na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades dos cavacos de torno (aço SAE 1045).

Massa Específica (g/cm³)		7,87
Geometria dos Cavacos	Comprimento médio (mm)	14,92
	Espessura média (mm)	1,56
	Índice de Forma	9,55
Propriedades Mecânicas	Alongamento (%)	16
	Limite de Escoamento (MPa)	450
	Limite de Resistência (MPa)	585
	Dureza Brinell (MPa)	163
Componentes Químicos (%)	Carbono (C)	0,43
	Manganês (Mg)	0,62
	Fósforo (P)	0,021
	Enxofre (S)	0,015
	Silício (SI)	0,19

Fonte: adaptada de Luz (2017) e SAE 1045 (2020).

Aponta-se que a forma geométrica obtida no ensaio do índice de forma, indica que o cavaco de torno apresenta geometria alongada, porém este apresenta uma forma em espiral conforme é visto na Figura 5.

3.1.1.4 Aditivo plastificante

As propriedades do aditivo plastificante utilizado no estudo são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Propriedades do aditivo plastificante.

Massa Específica (g/cm³)		1,10
Características do aditivo	Aspecto Físico	Líquido
	pH	10,2
	Solubilidade em Água	Total
	Sólidos (em peso)	5%
Composição Básica	Resina natural de pinus elliotti	
	Resina natural extraída da araucária angustifolia	

Fonte: Liquikal (2018).

3.2 CONCRETO NO ESTADO FRESCO

As propriedades que foram analisadas do concreto no estado fresco consistem na avaliação da consistência por meio do abatimento do tronco de cone.

Destaca-se que a consistência estabelecida foi de 50 mm ± 10 mm para todos os concretos, porém observou-se que o concreto com a adição de partículas de borracha acarretou uma perda de consistência, agravando-se ainda mais nos traços que substituem a areia natural por borracha de pneu e cavaco de torno, mas com o uso do aditivo, estes ficaram dentro dos parâmetros estabelecidos nas premissas do trabalho, conforme é visto na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados do abatimento pelo tronco de cone.

CONCRETO	Slump (mm)
Concreto Referência	59
5% Borracha	55
10% Borracha	53
15% Borracha	50
5% Borracha + 2% Cavaco	54
10% Borracha + 2% Cavaco	52
15% Borracha + 2% Cavaco	48

Fonte: o autor (2020).

Com base nos resultados obtidos, destaca-se que a consistência se manteve dentro do estabelecido na dosagem devido ao uso do aditivo plastificante, pois resultou na melhora do abatimento dos concretos com uso de resíduos de borracha e cavacos de torno, pois, sem o uso deste, acredita-se que o abatimento ficaria fora do valor de 050 mm ± 10 mm estabelecido.

3.3 CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

3.3.1 Resistência à compressão

Os traços rodados formam três grupos, o concreto referência, o concreto apenas com substituição da areia por borracha e o concreto com substituição da areia por borracha e cavaco de torno, destes foram avaliadas a resistência em três dias, sete dias e 28 dias, a fim de verificar a curva de evolução da Resistência à compressão.

3.3.1.1 Concreto referência

Inicia-se a avaliação do traço de referência, que servirá de parâmetro para realizar a comparação com os demais traços com a adição de borracha e cavaco de torno. Os resultados do ensaio de compressão do concreto referência são descritos na Tabela 7.

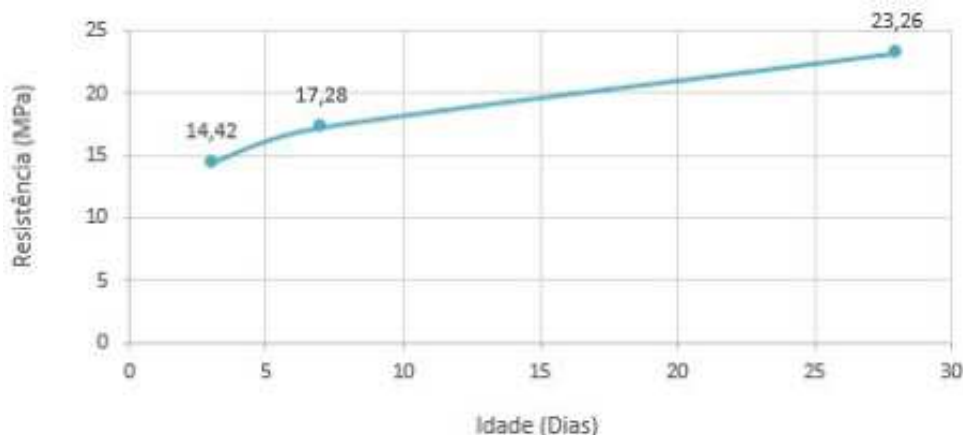
Tabela 7 – Resistência à compressão do Concreto Referência.

Concreto	3 dias	7 dias	28 dias
Referência	14,42 MPa	17,28 MPa	23,26 MPa

Fonte: o autor (2020).

Referente ao crescimento exponencial, verifica-se que aos três dias esse concreto já atingiu 62% da resistência à compressão máxima e, aos sete dias, 74%, quando podemos visualizar a curva de crescimento de resistência à compressão no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Evolução da resistência à compressão do Concreto Referência



Fonte: o autor (2020).

O concreto de referência analisado pode ser empregado no uso estrutural conforme as diretrizes estabelecidas pela NBR 6118:2014, que salienta resistência mínima de 20 MPa para concretos com fins estruturais.

3.3.1.2 Concreto com resíduos de borracha de pneu

Os resultados obtidos do concreto com os teores de substituição de 5%, 10% e 15% de areia natural por borracha são apresentados na Tabela 8.

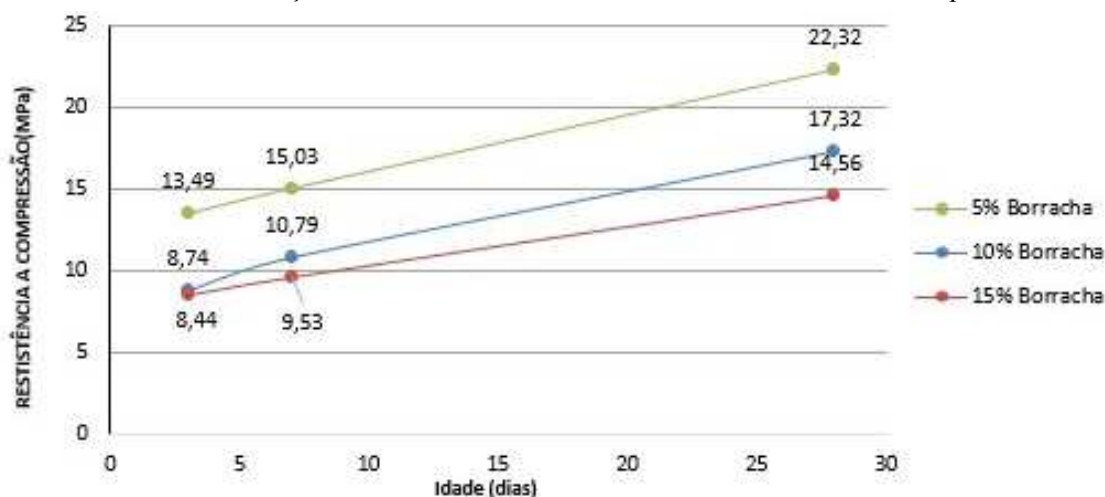
Tabela 8 – Resistência à compressão do concreto com resíduos de borracha de pneu.

Idade	5% borracha	10% borracha	15% borracha
3 dias	13,49 MPa	8,74 MPa	8,44 MPa
7 dias	15,03 MPa	10,79 MPa	9,53 MPa
28 dias	22,32 MPa	17,32 MPa	14,56 MPa

Fonte: o autor (2020).

Verifica-se que conforme vai aumentando o teor de substituição de areia por resíduos de borracha, observa-se que reduz a resistência mecânica do concreto, conforme já analisado e concluído nos estudos de Albuquerque (2009). Gráfico 5, visualiza-se o gráfico com a evolução da resistência à compressão diametral dos três concretos gerados com borracha.

Gráfico 5 – Evolução da resistência dos concretos com resíduos de borracha de pneu.



Fonte: o autor (2020).

Percebe-se que o concreto com os teores de 10% e 15% de borracha não apresentaram uma grande diferença se comparados entre si, porém, comparando ao traço com o teor de 5% de borracha, podemos visualizar uma grande diferença na resistência à compressão, o que se confirma com as afirmações de Albuquerque (2009), as quais dizem que o teor de 10% de resíduos de borracha é o máximo de substituição, acima deste valor acarreta numa perda exorbitante da resistência à compressão, como também observa-se nos resultados obtidos neste estudo.

Posteriormente, compara-se os concretos com teores de borracha com o concreto referência, a fim de compreender qual a proporção na redução da resistência à compressão e verificar, por meio do número P do método estatístico do Teste T, no qual foi utilizado o nível de significância de 5%, se o número P for maior que 5% indica que as resistências não apresentaram diferença insignificante, e se no caso o P for menor que 5%, pode se afirmar estatisticamente que este apresentou uma diferença significativa. A análise da perda de resistência do concreto com resíduos de borracha comparado ao concreto referência é explanado na Tabela 9.

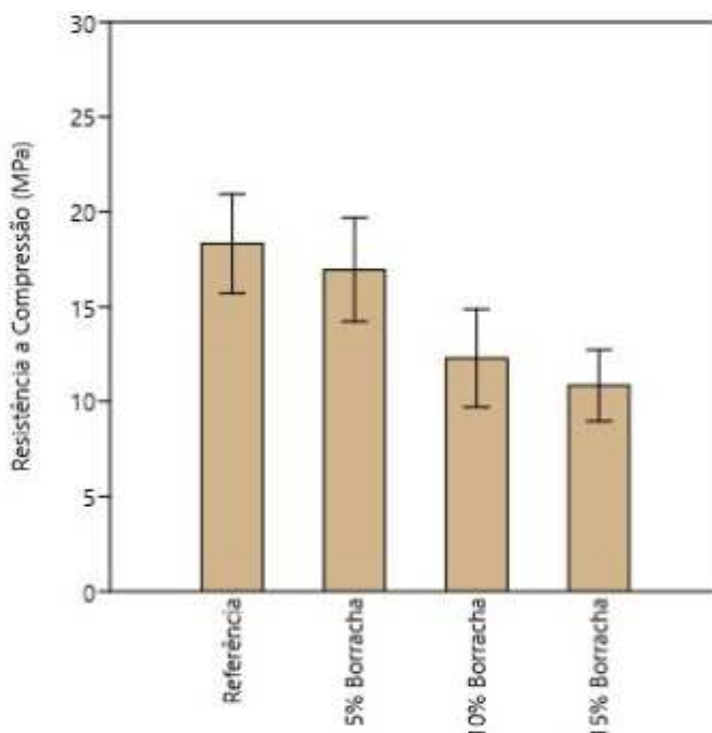
Tabela 9 – Comparação da perda de resistência à compressão do concreto com resíduos de borracha em relação com o concreto referência.

Comparativo	3 dias	7 dias	28 dias	p	Significância
Ref x 5% Borracha	6,45%	13%	4%	0,088554	Insignificante
Ref x 10% Borracha	39%	38%	26%	0,001561	Significante
Ref x 15% Borracha	41%	45%	37%	0,011173	Significante

Fonte: o autor (2020).

Foi verificado por meio da análise estatística do Teste T que não existe uma diferença significativa, estatisticamente, entre o concreto referência com o concreto com teor de 5% de borracha, já os concretos com teores de 10% e 15% de borracha, respectivamente, apresentaram uma diferença estatística significativa, na qual verifica-se que existe uma diferença considerável entre esses dois concretos respectivamente e o concreto referência, comparamos, então, por meio do Gráfico 6, o concreto referência com o concreto com resíduos de borracha de pneu.

Gráfico 6 – Comparação das resistências a compressão do concreto referência com o concreto formulado com teores de borracha de pneu.



Fonte: o autor (2020).

Referente ao percentual de redução da resistência à compressão visto na Tabela 13, conclui-se que o concreto com teor de 5% de borracha não apresentou uma exorbitante redução na resistência à compressão, dessa forma o concreto ainda atende os requisitos da NBR 6118:2014 podendo ser utilizado como um concreto estrutural, em que a resistência mínima exigida por norma é de 20 MPa. Já os concretos com teores de 10% de substituição e 15% de substituição, podem ser utilizados para a fabricação de pavers para pavimentação de locais que exigem baixa carga de resistência, como calçadas e ciclovias na quais a carga mínima é de 11 MPa segundo Santos (2018).

3.3.1.3 Concreto com resíduos de borracha e cavacos de torno

A resistência à compressão do concreto com borracha reforçado com cavacos de torno, em que o teor 2% de cavaco de torno se manteve constante para todos os três teores de borracha (5%, 10% e 15%), todos estes substituindo parcialmente a areia.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão são explanados na Tabela 10, na qual foram avaliados em três, sete e 28 dias.

Tabela 10 – Resistência à compressão do concreto com resíduos de borracha de pneu e cavacos de torno.

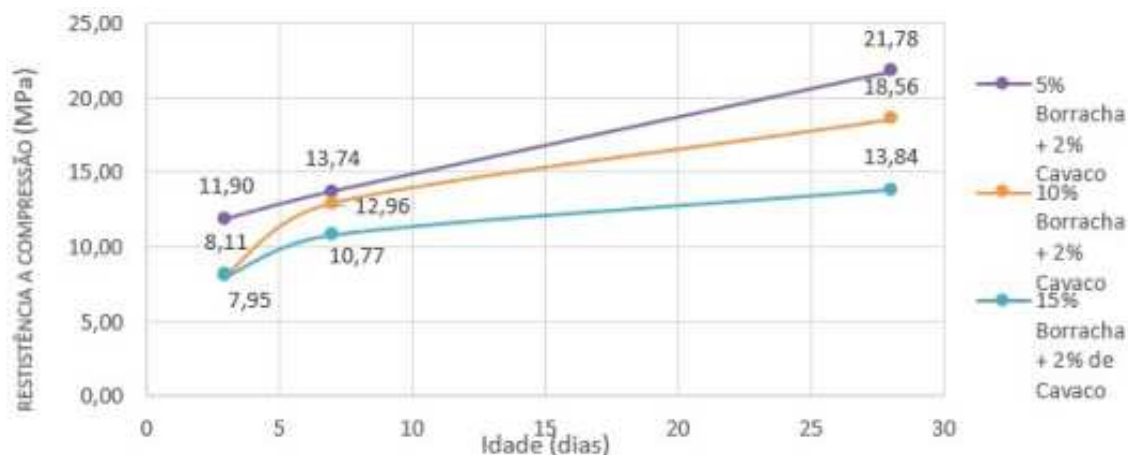
Idade	5% Borracha + 2% Cavaco	10% Borracha + 2% Cavaco	15% Borracha + 2% Cavaco
3 dias	11,90 MPa	8,11MPa	7,95 MPa
7 dias	13,74 MPa	12,96 MPa	10,77 MPa
28 dias	21,78 MPa	18,56 MPa	13,84 MPa

Fonte: o autor (2020).

Verifica-se que conforme vai aumentando o teor de substituição de areia por resíduos de borracha com adição de 2% de cavaco de torno, a resistência mecânica do concreto vai diminuindo significativamente.

No Gráfico 7, conseguimos visualizar a curva do comportamento da evolução da resistência à compressão destes três traços utilizando borracha e cavacos de torno no período de três, sete e 28 dias.

Gráfico 7 – Evolução da resistência dos concretos com resíduos de borracha de pneu com cavacos de torno



Fonte: o autor (2020).

Posteriormente, realizou-se a comparação desses concretos com borracha e cavaco de torno com o concreto referência, a fim de compreender o percentual de perda durante os dias em que estes foram avaliados.

Na Tabela 11, determina-se por meio do Teste T às diferenças de resistência entre os concretos se são significantes ou não.

Tabela 11 – Comparação da perda de resistência à compressão do concreto com resíduos de borracha e cavacos de torno em relação com o concreto referência.

Comparativo	3 dias	7 dias	28 dias	p	Significância
Ref x 5% Borracha + 2% Cavaco de Torno	17,5%	20%	6%	0,051683	Insignificante
Ref x 10% Borracha + 2% Cavaco de Torno	44%	25%	20%	0,013950	Significante
Ref x 15% Borracha + 2% Cavaco de Torno	45%	38%	40%	0,016685	Significante

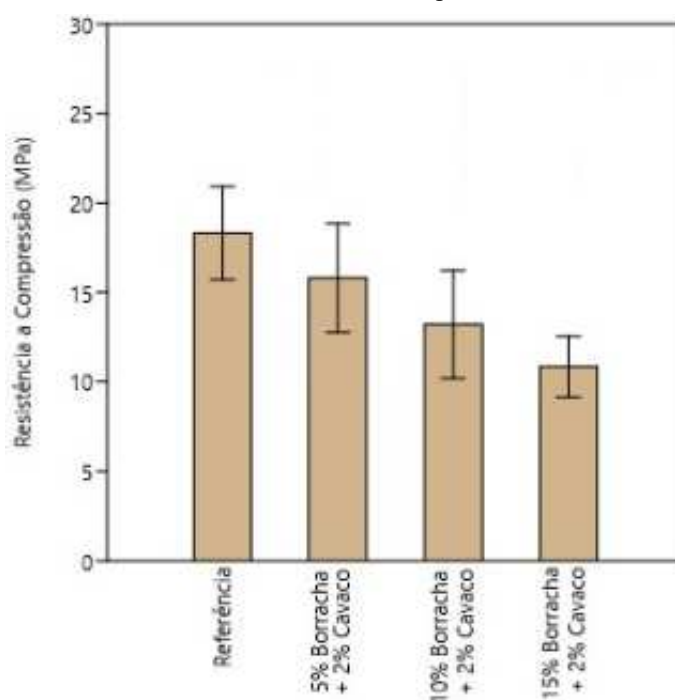
Fonte: o autor (2020).

Analisando a redução na resistência à compressão, o traço com 5% de borracha e 2% de cavaco resultou numa perda de apenas 6% na resistência à compressão comparado com o concreto referência aos 28 dias, assim, podemos destacar que por mais que ainda foi constatada uma redução na resistência à compressão, a diferença não foi tão elevada e pode ser considerada estatisticamente insignificante. Já os traços com 10% borracha + 2% de cavaco e 15% borracha

+ 2% de cavaco apresentaram uma grande redução na resistência à compressão e, estatisticamente, uma redução significativa, a qual, por meio do Gráfico 8, podemos comparar o concreto referência com o concreto com resíduos de borracha de pneu.

Por fim, após analisar todas estas informações, pode-se indicar que o concreto com 5% de borracha + 2% de cavaco de torno pode ser utilizado em elementos estruturais, pois atende os requisitos da NBR 6118:2014, em que a resistência mínima exigida por norma é de 20 MPa. Cabe salientar que este concreto, por conter cavaco de torno, conforme cita Garcez (2005), apesar da oxidação das fibras ser inevitável, em concretos com alto consumo de cimento, como o elaborado no presente estudo, as fibras internas do concreto permanecem sem corrosão, acarretando uma excelente durabilidade ao concreto, não o prejudicando nem a sua armadura utilizada no conjunto das estruturas de concreto armado.

Gráfico 8 – Comparação das resistências a compressão do concreto referência com o concreto formulado com teores de borracha de pneu.



Fonte: o autor (2020).

Já os concretos com teores de 10% borracha + 2% de cavaco de torno e 15% de borracha + 2% de cavacos de torno, devido à resistência compressão apresentada, podem ser utilizados na fabricação de paver para execução de calçadas e ciclovias, pois a resistência destes concretos se encaixa para esta determinada finalidade.

Pode-se destacar que, por mais que o concreto com resíduos de pneu com cavacos de torno apresentou resultados inferiores ao concreto com apenas resíduos de pneu, não podemos omitir que apresenta 2% a mais de substituição da areia se comparado apenas com o concreto com resíduo de pneu, o que nos mostra que não pode ser desprezado.

3.3.2 Resistência à tração por compressão diametral

3.3.2.1 Concreto referência

A resistência à tração por compressão diametral do concreto referência é explanada na Tabela 12, na qual foram verificadas as resistências em três, sete e 28 dias a fim de compreender o comportamento desse concreto nessas respectivas datas.

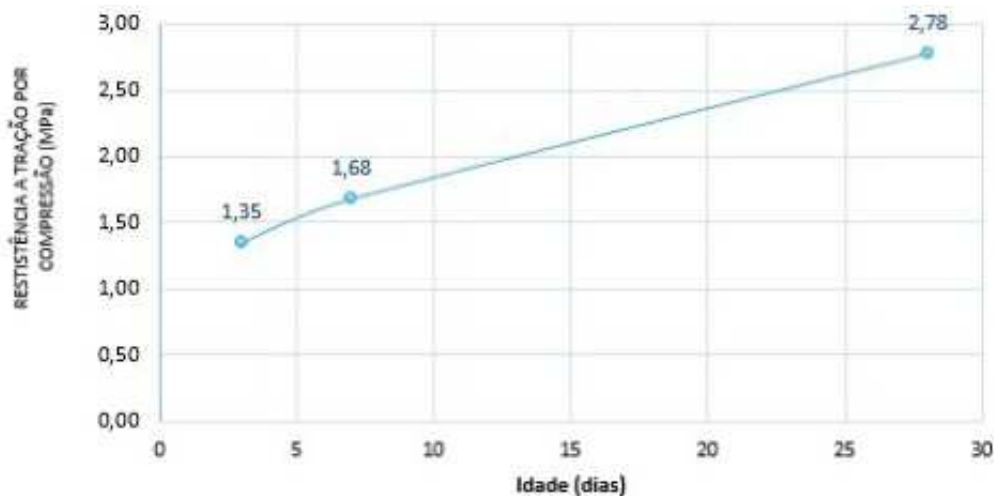
Tabela 12 – Resistência à tração do concreto referência.

Concreto	3 dias	7 dias	28 dias
Referência	1,34MPa	1,68 MPa	2,77MPa

Fonte: o autor (2020).

No Gráfico 9, pode-se visualizar o comportamento da evolução da curva de resistência à tração por compressão diametral do concreto referência. Destaca-se que o concreto referência apresentou resultados superiores aos dos utilizados como referência nos estudos de Albuquerque (2009) e Santos (2018), os quais, aos 28 dias, apresentaram resistência à tração por compressão diametral de 2,65 MPa e 2,77 MPa respectivamente, o que nos mostra que a resistência à tração deste concreto apresentou um desempenho satisfatório.

Gráfico 9 – Evolução da resistência à tração por compressão do concreto referência.



Fonte: o autor (2020).

3.3.2.2 Concreto com resíduos de borracha

A resistência à tração por compressão diametral do concreto com substituição parcial de areia por borracha nos teores de 5%,10% e 15% são apontados na Tabela 13.

Tabela 13 – Resistência à tração do concreto com resíduos de borracha de pneu.

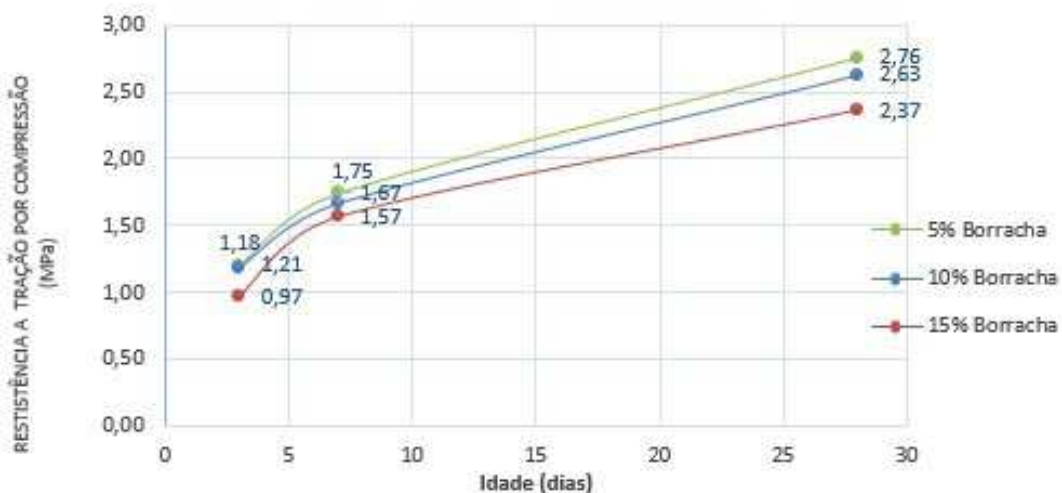
Idade	5% Borracha	10% Borracha	15% Borracha
3 dias	1,21 Mpa	1,18 MPa	0,97 MPa
7 dias	1,75 MPa	1,67 MPa	1,57 MPa
28 dias	2,76 MPa	2,63 MPa	2,37 MPa

Fonte: o autor (2020).

Podemos visualizar que conforme aumenta-se o teor de borracha, é constatada uma redução na resistência à tração. No Gráfico 10, verifica-se o comportamento da evolução da curva de resistência à tração por compressão diametral do concreto com resíduos de borracha de pneu, no qual podemos visualizar em que o teor de 5% e 10% de borracha apresentaram resultados satisfatórios se tratando da resistência à tração.

Posteriormente, se faz necessário realizar a comparação com o concreto referência, pois como constatado conforme se adiciona resíduos de borracha de pneu substituindo a areia, acarreta numa perda da resistência à tração assim como ocorreu na resistência à compressão.

Gráfico 10 – Evolução da resistência à tração por compressão do concreto com resíduos de borracha de pneu.



Fonte: o autor (2020).

Na Tabela 14, verifica-se a comparação da resistência à tração destes concretos com resíduos de Borracha de Pneu com o concreto referência, a fim de compreender o percentual de perda de resistência durante os dias em que foram avaliados. Na Tabela 14 também é verificado por meio do Teste T se às diferenças de resistência entre estes concretos são significantes ou insignificantes.

Tabela 14 – Comparação da perda de resistência à tração do concreto com resíduos de borracha de pneu em relação com o concreto referência.

Comparativo	3 dias	7 dias	28 dias	p	Significância
Ref x 5% Borracha	10%	-	1%	0,335353	Insignificante
Ref x 10% Borracha	13%	1%	5%	0,080221	Insignificante
Ref x 15% Borracha	28%	7%	15%	0,043986	Significante

Fonte: o autor (2020).

Destaca-se que o concreto com teor de 5% e 10% de substituição parcial da areia por borracha de pneu apresenta uma redução na resistência à tração insignificante se comparado ao concreto de referência. Já o concreto com teor de 15% de Borracha apresentou uma redução significativa na resistência à tração como visto na tabela.

3.3.2.3 Concreto com resíduos de borracha e cavacos de torno

A resistência à tração por compressão diametral do concreto com borracha de pneus reforçado com cavacos de torno, em que o teor 2% de cavaco de torno se manteve-se constante para todos os três teores de borracha (5%,10% e 15%), todos estes substituindo parcialmente a areia são apontados na Tabela 15.

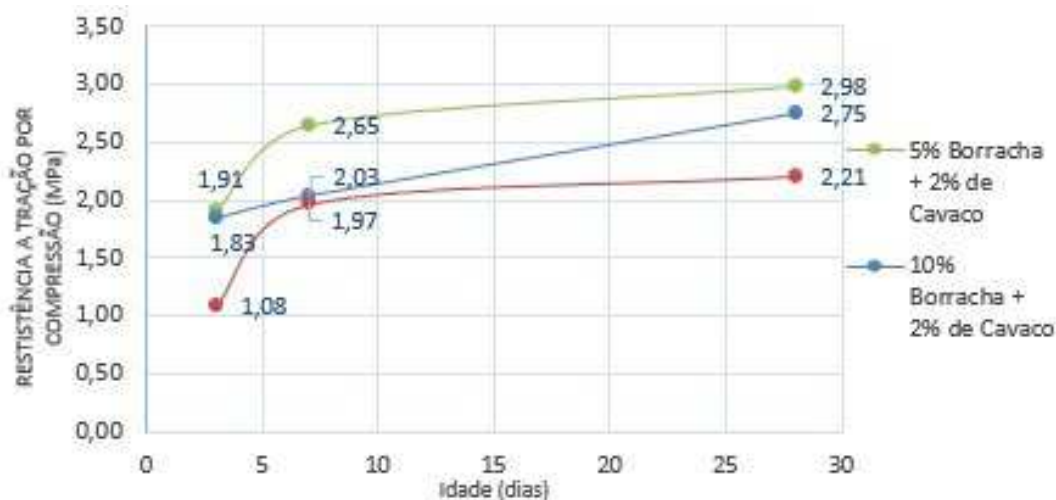
Tabela 15 – Resistência à tração do concreto com resíduos de borracha de pneu e cavacos de torno.

Idade	5% Borracha + 2% Cavacos de Torno	10% Borracha + 2% Cavacos de Torno	15% Borracha + 2% Cavacos de Torno
3 dias	1,91 Mpa	1,83 MPa	1,08 MPa
7 dias	2,65 MPa	2,03 MPa	1,97MPa
28 dias	2,98 MPa	2,75 MPa	2,21 MPa

Fonte: o autor (2020).

Pode-se visualizar que conforme aumenta-se o teor de borracha, é constatado uma redução na resistência à tração, porém o cavaco apresentou uma melhoria considerável na resistência à tração se comparado ao concreto utilizando apenas borracha e o concreto referência. No Gráfico 11, verifica-se o comportamento da evolução da curva de resistência à tração por compressão diametral do concreto.

Gráfico 11 – Evolução da resistência à tração por compressão do concreto com resíduos de borracha de pneu e cavacos de torno.



Fonte: o autor (2020).

Com base nos resultados obtidos, o concreto com 5% de borracha + 2% de cavacos de torno aos 28 dias apresentou uma resistência à tração 7% superior ao concreto referência, o qual, após a análise estatística dos grupos o Teste T, apresentou um valor P de 0,061061, que pode ser considerado uma diferença significativa não existente entre o concreto 5% borracha + 2% de cavaco de torno em relação ao concreto referência.

Já o concreto com 10% borracha + 2% de cavaco de torno, em relação ao concreto referência aos 28 dias, apresentou uma redução de 1% na resistência à tração, a qual, por meio do Teste T, apresentou o número p de 0,111741, dessa forma podemos concluir que, estatisticamente, a diferença entre eles é insignificante, ou seja, podemos concluir que este concreto com teor de substituição de 12% da areia natural (10% borracha + 2% cavaco de torno) apresentou resistências praticamente iguais ao concreto referência.

E por fim, o concreto com 15% de borracha + 2% de cavaco de torno em relação com o concreto referência aos 28 dias apresentou uma redução de 21% na resistência à tração, o que pode ser considerado um valor significativo, o que afirma a tese de Albuquerque (2009) que teores de borracha acima de 10%, reduz drasticamente as propriedades mecânicas do concreto.

Logo, podemos concluir que os concretos com 5% e 10% de borracha reforçados com 2% de cavaco de torno apresentam resultados muito significantes. O primeiro apresentou resistência à tração até superior ao concreto referência, a qual demonstra que o cavaco de torno pode ser utilizado na melhoria das propriedades de resistência à tração.

3.3.3 Absorção de água

Os resultados do ensaio de absorção de água realizado com o concreto referência, concreto com resíduos de borracha de pneu e o com o concreto com resíduos de borracha de pneu com cavacos de torno, como a absorção, o índice de vazios, a massa específica saturada em 72 horas e a massa específica seca em 72 horas, estão expostos na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados do ensaio de absorção de água do concreto referência, concreto com resíduos de borracha de pneu e concreto com resíduos de borracha de pneu e cavacos de torno.

CONCRETO	Absorção (%)	Índice de Vazios (%)	Massa Esp. Seca (g/cm ³)	Massa Esp. Saturada (g/cm ³)
REFÊRENCIA	8,61	22,28	2,59	2,81
5% BORRACHA	8,70	22,44	2,58	2,81
10% BORRACHA	8,81	22,14	2,51	2,73
15% BORRACHA	8,88	23,71	2,47	2,68
5% BORRACHA + 2% CAVACO DE TORNO	7,34	20,04	2,73	2,93
10% BORRACHA + 2% CAVACO DE TORNO	6,47	17,33	2,67	2,85
15% BORRACHA + 2% CAVACO DE TORNO	4,74	11,92	2,52	2,64

Fonte: o autor (2020).

Com base nos resultados obtidos, em questão da absorção de água, o concreto com resíduos de borracha de pneu e cavaco de torno apresentou uma melhora significativa se comparada aos outros dois grupos de concreto. Podemos destacar que o cavaco de torno trouxe melhora nessa característica, pois se compararmos o concreto apenas com resíduos de pneu, este apresentou um aumento na absorção de água do concreto, o que não é um resultado positivo, já o concreto com resíduos de pneu em conjunto com o cavaco de torno reduziu significativamente a absorção de água, logo devemos destacar que o próprio cavaco de torno é responsável pela melhora.

O índice de vazios desse concreto apresentou comportamento similar ao descrito anteriormente sobre a absorção de água, quando foi visto que o concreto com resíduos de borracha de pneu e cavacos de torno apresentou uma melhora significativa nesta característica, se comparado aos outros dois grupos de concreto, em que também podemos apontar o cavaco de torno como responsável pela melhora.

A massa específica aparente seca já apresentou comportamento diferente das duas características descritas anteriormente, em que se destaca que o concreto utilizando apenas resíduos de pneu apresentou uma redução na sua massa específica conforme o aumento do teor de borracha. Já o concreto com resíduos de borracha de pneu e cavaco de torno apresentou um aumento considerável na massa específica do concreto, mesmo comportamento apresentado na massa específica saturada, na qual podemos destacar que o concreto só com resíduos de borracha de pneu apresentou uma massa específica menor se comparado aos demais concretos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram analisadas as propriedades do concreto no estado fresco, como a consistência, por exemplo, e no estado endurecido foram verificadas a resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral e a absorção de água, a fim de avaliar o desempenho e comportamento com os diferentes teores de borracha de pneu e em conjunto com os cavacos de torno.

Referente a consistência, notou-se que, conforme a substituição da areia natural ia aumentando, a consistência do concreto apresentava uma redução. O concreto com resíduos de borracha de pneu e cavacos de torno apresentou os piores valores de consistências, mas entende-se que se não fosse utilizado o aditivo plastificante nesses concretos, teríamos valores bem inferiores de consistência.

Na resistência à compressão, foi verificado que a substituição parcial da areia natural por estes materiais (resíduo de pneus e cavaco de torno) acarreta numa redução da resistência à compressão, sendo perceptível que os cavacos de torno não resultaram na melhoria da resistência à compressão.

Na resistência à tração por compressão diametral, o concreto com borracha de pneu e cavaco de torno apresentou resultados satisfatórios quando comparado aos outros grupos de concreto. Os concretos com borracha de pneu e cavaco de torno apresentaram uma melhoria considerável na resistência à tração por compressão diametral, se comparado ao concreto utilizando apenas borracha e o concreto referência, entende-se que esse resultado é devido a adição de cavaco de torno.

Acerca da absorção de água, o concreto composto com borracha de pneu e cavaco de torno apresentou resultados superiores ao concreto referência e o concreto só com adição de resíduos de borracha, dessa forma, entende-se que os cavacos de torno foram os responsáveis por essa melhoria, pois apresentaram comportamento similar quanto ao índice de vazios. Referente à massa específica seca e saturada, o grupo de concreto composto apenas com a substituição de borracha de pneu apresentou massas específicas seca e saturada inferiores, se comparados ao grupo de concreto referência e ao grupo de concreto composto por borracha de pneu e cavacos de torno.

Por fim, mostra-se que a proposta do presente trabalho foi atendida, sendo possível obter resultados satisfatórios com agregados reciclados, desde que atenda a determinados percentuais de substituição de agregado natural por agregado reciclado. O estudo apresentou os prós e os contras obtidos no concreto com substituição da areia natural por borracha de pneu e o concreto que substitui a areia natural por borracha de pneu e cavaco de torno, indicando futuros estudos concretos para fins específicos, como produção de lajotas para pavimentação de calçadas e ciclovias e os concretos que apresentaram resistência acima de 20 MPa, avaliando sua utilização para fins estruturais. Também cabe indicar futuros estudos utilizando apenas o cavaco de torno como substituto da areia natural, pois a literatura carece de estudos específicos com este material.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**. Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, 2018.

ALBUQUERQUE, A. C. **Estudo das propriedades de concreto em massa com adição de partículas de borracha de pneu**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BOLETIM TÉCNICO. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo: ABCP, 2002.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 194/1998**. Determinação da massa específica de agregados miúdos pelo frasco de Chapman. Rio de Janeiro: DNER, 1998. 4 p.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT-ME 425/2020**. Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro – Método de ensaio. Brasília, DF: DNIT, 2020. 4 p.

GARCEZ, Estela Oliari. **Análise teórico-experimental**: do comportamento de concretos reforçados com fibras de aço submetidos a carga de impactos. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GUIMARÃES, A. T. C; OZÓRIO, Bianca. Fibras de aço em blocos de concreto: estudo para utilização em ambiente marítimo. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 998-1008, 10 jan. 2012.

LIQUIKAL: ficha técnica. Araranguá: Queveks do Brasil, 2018.

LUZ, Gelson. SAE1045 – propriedade mecânicas e composição química. Gelson Luz Blog Materiais, [s. l.], 2017. Disponível em: <http://bit.ly/3ZOUmmK>. Acesso em: 21 jun. 2020.

KULAIF, Y. **Areia de construção**. São Paulo: DNPM, 2013.

SAE 1045. **MKraft**, Joinville, c2020. Disponível em: <https://www.mkraft.com.br/produtos/barras-de-aco/carbono/sae-1045/>. Acesso em: 21 jun. 2020.

SANTOS, Rebeca Martins dos. **Sugestão de aplicação de concreto borracha em obras civis**. 2018. 91 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2018.

SEST SENAT. Campanha nacional do SEST SENAT faz alerta sobre a importância da reutilização e reciclagem do material. **SEST SENAT**, Brasília, DF, 8 fev. 2017. Disponível em: <http://bit.ly/4211LBl>. Acesso em: 21 jun. 2020.

PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCOS COM CRITÉRIOS DE PROBABILIDADE E SEVERIDADE PARA AVALIAÇÃO DOS FATORES DE RISCOS ERGONÔMICOS

Proposed risk matrix with probability and severity criteria for assessing ergonomic risk factors

Bruna Cristina Ramos Faustino¹

Marcos Jorge Gama Nunes²

Resumo: A atualização da NR-1 e NR-17 exige uma avaliação dos fatores de riscos ergonômicos que necessita de critérios bem definidos. O estudo tem como objetivo apresentar os critérios de probabilidade e de severidade para elaboração de uma matriz de risco com foco nos riscos ergonômicos. A metodologia utilizada é de revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, com um estudo exploratório visando identificar na literatura os critérios de probabilidade e de severidade ergonômicos. Os resultados obtidos foram a definição dos critérios de probabilidade e severidade e uma matriz para avaliação dos riscos ergonômicos com base nas exigências no trabalho, intensidade (força), duração das atividades, frequência, histórico de exposição, a observação do ergonomista (observando as condições físicas, cognitivas e psicossociais, organizacionais e ambientais) e a verbalização do trabalhador. Além da análise epidemiológica do posto do trabalho (indicadores de acidentes e doenças do trabalho), aspectos de produtividade e de regulações existentes para mitigar o risco como medidas de controle adotadas, dentre outras, portanto, para elaboração da AEP ou da AET, faz-se importante a utilização de uma metodologia com critérios bem definidos para avaliação do nível de risco.

Palavras-chave: Ergonomia; Probabilidade; Severidade; Matriz de riscos.

Abstract: The update of NR-1 and NR-17 requires an assessment of ergonomic risk factors that requires well-defined criteria. The study aims to present the criteria of probability and severity for the elaboration of a risk matrix focused on ergonomic risks. The methodology used is a bibliographical review with a qualitative approach, with an exploratory study aimed at identifying the ergonomic probability and severity criteria in the literature. The results obtained were the definition of probability and severity criteria and a matrix for evaluating ergonomic risks based on work requirements, intensity (force), duration of activities, frequency, exposure history, observation by the ergonomist (observing the conditions physical, cognitive, and psychosocial, organizational, and environmental) and the worker's verbalization. In addition to the epidemiological analysis of the workplace (indicators of accidents and occupational diseases), aspects of productivity and existing regulations to mitigate risk as control measures adopted, among others, therefore, for the elaboration of the AEP or the AET, it is important to use a methodology with well-defined criteria for assessing the level of risk.

Keywords: Ergonomics; Probability; Severity; Risk matrix.

INTRODUÇÃO

As Normas Regulamentadoras NR-1 (Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais) e NR-17 (Ergonomia), atualizadas recentemente, apresentaram mudanças significativas para avaliação dos riscos ocupacionais para compor o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR). A NR-1 item 1.5.7.3.2 alínea d), menciona que devem constar no inventário de riscos ocupacionais os resultados da avaliação de ergonomia nos termos da NR-17 (BRASIL, 2020, p. 8). Segundo o item 1.5.4.4.4 da NR-1 (2020, p. 5), a gradação da probabilidade de ocorrência das lesões ou agravos à saúde deve levar em conta:

¹ Mestre em Eng. Ambiental, Eng. de Segurança do Trabalho, Ergonomista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Professor tutor externo do Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSSELVI, Indaial, SC, brunacrfaustino@gmail.com

² Mestre em Saúde Ocupacional pela Universidade Federal Fluminense. JMV Global Gestão e SST – Site: www.uniasselvi.com.br

-
- a) os requisitos estabelecidos em Normas Regulamentadoras;
 - b) as medidas de prevenção implementadas;
 - c) as exigências da atividade de trabalho;
 - e d) a comparação do perfil de exposição ocupacional com valores de referência estabelecidos na NR-9 (BRASIL, 2020, p. 5).

Com relação à severidade, o item 1.5.4.4.3 da NR-1, determina que a “gradação da severidade das lesões ou agravos à saúde deve levar em conta a magnitude da consequência e o número de trabalhadores possivelmente afetados” (BRASIL, 2020, p. 5). Para a realização dessa graduação do nível de risco, podem ser utilizadas diversas técnicas como a Análise Preliminar de Riscos ou Perigos, *Failiure Mode and Effect Analysis* (FMEA), ou seja, Análise de Modo e Efeitos de Falha, dentre outras associadas à matriz de risco.

Desse modo, faz-se necessária a utilização de uma metodologia com critérios ergonômicos bem definidos para que possa ser desenvolvida a Avaliação Ergonômica Preliminar (AEP) ou mesmo a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), de modo a proporcionar o máximo de conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente, conforme NR-17.

O estudo tem como objetivo apresentar uma proposta de critérios de probabilidade e de severidade para elaboração de uma matriz de risco com foco nos riscos ergonômicos.

METODOLOGIA

A presente pesquisa realiza uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, com um estudo exploratório visando identificar na literatura os critérios de probabilidade e de severidade ergonômicos que podem ser utilizados para identificar os perigos, determinar as exposições ocupacionais, avaliar a existência de condições de risco ergonômicos, de modo a realizar uma graduação a fim de priorizar as ações a serem realizadas. Serão realizadas pesquisas em livros, artigos e legislações, além de utilizar critérios estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras como a NR-17, dentre outras.

Além disso, realizou-se uma adaptação da BS 8800 (BS, 1996) e da ISO 45001 (ISO, 2018), para elaboração de uma matriz de risco, a fim de atender a NR-17 e a NR-1 para avaliação qualitativa ou semiquantitativa dos fatores de riscos ergonômicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo identificou alguns critérios de probabilidade e de severidade para elaboração da matriz de riscos ergonômicos. Foram elencados critérios de probabilidade com base nas exigências no trabalho: intensidade (força), duração, frequência, histórico de exposição, observação do ergonomista (condições físicas, cognitivas/psicossociais, organizacionais e ambientais) e a verbalização do trabalhador. Além da análise epidemiológica do posto do trabalho (indicadores de acidentes e doenças do trabalho), produtividade e regulações como medidas de controle adotadas. Desse modo, foram avaliados e agrupados alguns critérios identificados na literatura, utilizando legislações e autores da Ergonomia como: Moore e Garg (1995), Guérin *et al.* (2002); Brasil (2002), Másculo e Vidal (2011), Couto, (2014), Santos e Oliveira (2015), Silva (2019) e Veronessi Jr. e Massola (2021). Os riscos podem ser avaliados com base no critério mais crítico, sendo reduzido com medidas de controle, além de poder realizar a média aritmética para estimar o peso médio, conforme critérios do Quadro 1.

Quadro 1 - Critérios de probabilidade para o inventário de riscos.

Peso	Descrição
<p>Muito improvável</p> <p>1</p>	<p>Evento extraordinário, não existem queixas ou verbalizações, exigência ergonômica, indicadores de acidentes ou doenças do trabalho.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidade: intensidade muito baixa durante os esforços físicos. • Duração: condição do trabalhador é eventual (menos que 1 hora por dia e/ou turno). • Frequência: trabalho ocasional com muito baixa frequência. • Medidas de controle adequadas e com garantia de continuidade desta situação. • Risco muito leve ou insignificante, conforme as ferramentas ergonômicas utilizadas.
<p>Improvável</p> <p>2</p>	<p>Evento casual e inesperado, foi observado e/ou relatado que há exigência dentro do nível de conforto, porém baixa nos aspectos físicos, cognitivos, psicossociais ou relativa à organização do trabalho.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidade: percebe-se algum esforço físico por parte do trabalhador. • Duração: condição ocorre entre (1 a 2 hora por dia e/ou turno de trabalho). • Frequência: trabalho ocasional com baixa frequência. • Medidas de controle adequadas, mas com pequenos desvios e sem garantias de manutenção em longo prazo. • Risco aceitável, conforme as ferramentas ergonômicas.
<p>Possível</p> <p>3</p>	<p>Evento esperado de frequência reduzida e com histórico de ocorrência parcialmente conhecido. Foi observado e/ou relatado possível desconforto (mobiário, equipamento, condições ambientais, cognitivo, organizacional) ou indicadores de doenças e acidentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidade: esforço nítido, porém sem expressão facial. • Duração: condição do trabalhador é contínua, por longos períodos de tempo – entre 2 e 4 horas por dia e ou turno de trabalho. • Frequência: trabalho com frequente moderada. • Medidas de controle não contemplam todos os aspectos relevantes do risco. • Risco médio ou moderado, conforme as ferramentas ergonômicas.
<p>Provável</p> <p>4</p>	<p>Evento usual com histórico documental de ocorrência amplamente conhecido (mobiário, equipamento, condições ambientais, cognitivo, organizacional) ou indicadores de doenças e acidentes. Agentes ambientais acima dos níveis requeridos em desacordo com as normas NR-17, NR15, NR09, NHOs, ISOs e demais normas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidade: esforço nítido, porém com mudança na expressão facial do trabalhador. • Duração: condição do trabalhador é contínua – entre 4 e 8 horas por dia e ou turno de trabalho. • Frequência: trabalho com alta frequência. • Medidas de controle com muitos desvios e sem garantias de que sejam mantidas. • Risco alto, conforme as ferramentas ergonômicas.

Muito Provável	5	<p>Foi observado e/ou relatado (verbalizações) de risco ergonômico, acidentes e doenças sendo recomendada a realização de uma AET aprofundada da demanda.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidade: intensidade muito alta com exigência de força elevada durante a atividade. • Duração: condição do trabalhador é contínua – acima de 8 horas por dia e / ou turno de trabalho. • Frequência: trabalho muito repetitivo – (ciclo menor ou igual a 30 segundos). <ul style="list-style-type: none"> • Medidas de prevenção e controle inexistentes ou inadequadas. • Risco muito alto ou elevado, conforme as ferramentas ergonômicas.
-----------------------	----------	---

Fonte: os autores (2021).

Já os critérios de severidade (Quadro 2) são classificados em cinco níveis, os quais podem ser utilizados na tomada de decisão tanto da AEP como AET. Foram utilizadas referências como: Brasil (2002), Santos e Oliveira (2015), Camisassa (2022), dentre outras.

Quadro 2 - Critérios de severidade.

Diretriz	Descrição	Peso
Muito baixa	Nenhuma ou muito baixo risco de lesão, efeito à saúde, sobrecargas humanas, perdas no processo e/ou meio ambiente.	1
Baixa	Pode ocasionar incapacidade temporária por período igual ou inferior a 15 dias. Pode causar danos leves aos equipamentos, processo, meio ambiente ou ligeira insatisfação no trabalhador e baixa sobrecarga física ou cognitiva.	2
Média	Pode causar afastamento com incapacidade temporária por prazo superior a 15 dias. Pode causar danos moderados aos equipamentos, processo, meio ambiente ou insatisfação no trabalhador e moderada sobrecarga física ou cognitiva.	3
Alta	Pode provocar uma lesão ou sequelas permanentes com encaminhamento a reabilitação profissional do INSS. Altos danos aos equipamentos, processo, meio ambiente ou insatisfação no trabalhador e sobrecarga física ou cognitiva.	4
Muito alta	Pode levar a óbito ou prejudicar a integridade física e/ou a saúde, provocando lesão ou sequelas permanentes com incapacidade permanente total. Elevados danos aos equipamentos, processo, meio ambiente ou insatisfação no trabalhador e sobrecarga física ou cognitiva.	5

Fonte: os autores (2021).

Com base nos critérios elencados, o nível de risco ergonômico referente à atividade será realizado multiplicando, por meio de uma matriz de risco (Quadro 3), a Probabilidade (P) pela Severidade (S) adaptada de BS 8800 (BS, 1996).

Quadro 3 - Matriz de risco.

		Severidade (S)				
		1 Muito Baixa	2 Baixa	3 Média	4 Alta	5 Muito alta
Probabilidade (P)	5 Muito Provável	5	10	15	20	25
	4 Provável	4	8	12	16	20
	3 Possível	3	6	9	12	15
	2 Improvável	2	4	6	8	10
	1 Muito improvável	1	2	3	4	5

Fonte: os autores (2021).

Essa avaliação de risco será utilizada para priorização dos fatores de riscos que demandarem um estudo ergonômico mais aprofundado. O Quadro 4 apresenta as diretrizes para avaliação dos níveis de risco ergonômicos finais, bem como a sua priorização.

Quadro 4 - Índices para utilização no inventário de riscos e no plano de ação.

Classificação do Nível de Risco ergonômico		Diretriz	Prioridade
Risco muito baixo/Trivial	0 a 0,99	Ação técnica normal	Muito baixa
Risco aceitável/tolerável	1 a 4,99	Improvável mais possível	Baixa
Risco moderado	5 a 11,99	Situações de desconforto, dificuldades ou fadiga.	Moderada
Risco alto/Substancial	12 a 14,99	Risco ergonômico	Alta
Risco muito alto/Inaceitável	15 a 25	Alto risco ergonômico	Muito alta

Fonte: adaptado de BS (1996) e Couto (2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou uma proposta de critérios de probabilidade e de severidade para elaboração de uma matriz de risco com foco nos riscos ergonômicos.

Concluiu-se que para elaboração da Avaliação Ergonômica Preliminar (AEP) e Análise Ergonomia do Trabalho (AET), faz-se importante a utilização de uma metodologia com critérios bem definidos de probabilidade e severidade para avaliação do nível de risco ergonômico. É importante uma avaliação sistêmica e multidisciplinar observando os diversos aspectos da ergonomia, seja de forma preliminar ou com uso de ferramentas ergonômicas.

Desse modo, espera-se que este estudo possa contribuir para essa temática na área de ergonomia, para a realização do gerenciamento de riscos ocupacionais nas empresas.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31010:2012**. Gestão de risco – Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretária de Inspeção do Trabalho. **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17**. 2. ed. Brasília, DF: MTE, SIT, 2002.
- BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **Portaria nº 6.730, de 9 de março de 2020**. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 1 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais. Brasília, DF: Ministério da Economia, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3WY5mwk>. Acesso em: 20 set. 2022.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora nº 17**. Ergonomia. Brasília, DF: MTP, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3FjOxG8>. Acesso em: 20 set. 2022.
- BS – BRITISH STANDARDS. **BS 8800**: sistemas de gestão de saúde e segurança industrial. Londres: British Standards Institution, 1996.
- CAMISASSA, M. Q. **Segurança e saúde no trabalho**: NRs 1 a 37 comentadas e descomplicadas. 8. ed. Rio de Janeiro: Método, 2022.
- COUTO, H. **Quadro de classificação do risco ergonômico** – um guia para auxílio na classificação do risco ergonômico nas diversas situações de trabalho. Belo Horizonte: Ergo, 2014.
- GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J.; KERGUELEN, A. **Compreender o trabalho para transformá-lo**: a prática da ergonômica. São Paulo: Blucher, 2001.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 45001:2018**: occupational health and safety management systems – requirements with guidance for use. Genebra: ISO, 2018.
- MÁSCULO, F. S. M.; VIDAL, M. C. **Ergonomia trabalho adequado e eficiente** (org.). Rio de Janeiro: Elsevier. ABEPRO, 2011.
- MOORE, J. S.; GARG, A. The strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. **American Industrial Hygiene Association Journal**, [s. l.], v. 56, n. 5, p. 443-458, 1995. DOI 10.1080/15428119591016863.
- SANTOS, E. F. OLIVEIRA, K. B. Análise de riscos em operadores de caminhões de mineração. **Revista da Associação Brasileira de Ergonomia**. Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, 2015. Disponível em: <http://bit.ly/3Jb03os>. Acesso em: 9 fev. 2021.
- SILVA, O. F. Approach of a risk weighting method of ergonomic tools based on the combination of the concepts of FMEA, risk matrix and company specifications. *In*: AHFE 2018 – INTERNATIONAL CONFERENCE ON SAFETY MANAGEMENT AND HUMAN FACTORS, 2018, Orlando, Florida, USA. **Proceedings** [...]. Cham: Springer, 2019.

VERONESSI JUNIOR, J. R.; MASSOLA, R. M. Avaliação de risco preliminar em ergonomia (ARPE): um modelo prático para a avaliação ergonômica preliminar e para o programa de gerenciamento de riscos. *In*: FERNANDES, M. G.; SILVA, I. S. da (org.). **Gestão da saúde do trabalhador e ergonomia**. Aracaju: Backup Books, 2021.

FOLHA ZERO DA SUGESTÃO A GESTÃO DE PROJETOS

Project management suggestion sheet zero

Leonardo Duarte¹

Mário Delprete¹

Maurílio do Carmo¹

Rudney Ferreira¹

Guilherme de Souza Nardi¹

Resumo: Este material traz uma metodologia de gestão de projetos sugerida pela Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural – ABECE, uma folha de rosto para cadernos de projetos que resume em formato de desenho dados técnicos e normativos, que apoiam construtores dando segurança a engenheiros.

Palavras-Chave: Folha Zero. Especificações Técnicas. Abece.

Abstract: This material brings the project management methodology suggested by ABECE – Brazilian Association of Structural Engineering and Consulting, a cover sheet for project notebooks that summarizes technical and normative data in drawing format, wich support builders giving security to engineers.

Keywords: Zero Sheet. Technical Specifications. Abece.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um projeto e sua execução necessitam de algum conhecimento ou experiência prévia para sua correta e segura realização, e quando essa atividade ocorre de forma reiterada surge a necessidade de disseminar informações entre os trabalhadores para uniformizar processos e procedimentos. É esse nivelamento que faz o homem sair a campo e produzir pesquisas e investigações científicas que fundamentem o processo de execução. O resultado são recomendações técnicas e normativas que norteiam os projetos, processos e contribuam para o aprimoramento das legislações.

Dentro da engenharia brasileira, nesse ambiente diverso e permeado por profissionais altamente capacitados e criativos, surgem alguns métodos e meios de gerir e executar tarefas do cotidiano.

O presente trabalho elaborado pelos acadêmicos do curso de tecnologia em construções de edifícios da Uniasselvi, traz o relato de uma metodologia de simples construção que revela não só o aprimoramento coletivo de uma ideia, bem como concede liberdade para que outros a adaptem e se beneficiem de seus efeitos, com o intuito de “estimular o intercâmbio de experiências profissionais (técnicas, administrativas e empresariais)” (ABECE, 2007, s. p.).

Um escritório de engenharia que vende projeto estrutural entrega para seu cliente final um caderno de desenhos, com peças calculadas, detalhadas e verificadas para a execução da obra, sem maiores preocupações com a capacidade técnica da construtora na execução do que foi projetado.

Pensando nisso, a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural – ABECE sugeriu a criação da folha zero, um documento em forma de folha de rosto para o caderno de projetos onde são colocadas informações como sequência executiva da obra, resistência dos materiais, sobrecargas adotadas, cronogramas para apoio a obra, softwares utilizados no pro-

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI – Rodovia BR 470 - Km 71 - no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniasselvi.com.br.

cessamento do modelo, notas, normas e especificações gerais que serão demandadas por aquela obra em específico, trazendo embasamento e conhecimento técnico para os executores da obra e segurança jurídica para os projetistas e engenheiros. Assim, “a ABECE acaba de enviar aos seus associados o produto de uma das ações propostas pelo Grupo de Valorização Profissional: a Folha Zero. Trata-se de um desenho recomendado pela Associação como sendo a página inicial dos projetos a serem elaborados” (ABECE, 2007, s. p.).

A gestão de projetos é um conjunto de procedimentos que descrevem ao seu final uma metodologia de execução e dinamismo, estabelecendo “padrões mínimos reconhecidos de desempenho dos profissionais do setor” (ABECE, 2007, s. p.). Na folha zero as diretrizes encontram-se condensadas no formato de desenho, como um manual de instruções para as boas práticas na construção civil.

Segundo a própria ABECE (2007, s. p.),

Seu conteúdo foi montado com o objetivo de fornecer aos contratantes de projetos mais subsídios para que executem a obra com qualidade, além de ser um instrumento de proteção para o projetista estrutural, uma vez que limita sua responsabilidade ao projeto estrutural propriamente dito, explicitando as normas e procedimentos aplicáveis às várias etapas da execução da estrutura.

Além disso, “É importante ressaltar que este conteúdo deve ser adaptado à cultura de cada empresa e à especificidade de cada projeto onde a Folha for aplicada” (ABECE, 2007, s. p.).

Referencial teórico

O documento Folha Zero, sendo em formato de desenho e estando como folha de rosto no caderno de projetos, tem a finalidade de fornecer aos contratantes e executores de projetos um conjunto de informações técnicas e normativas que podem ser consultadas de forma ágil por qualquer profissional envolvido no cotidiano da obra.

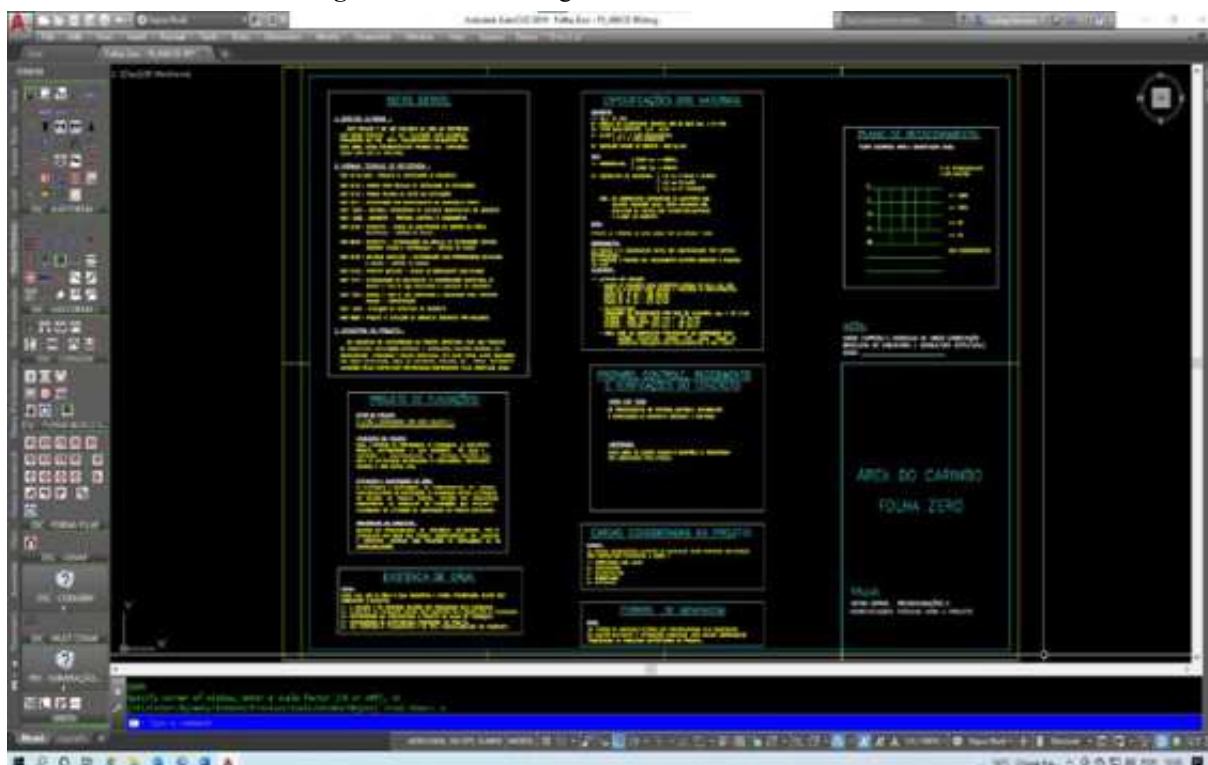
As principais especificações ficam disponibilizadas ao alcance de todos, e, como parte integrante do caderno de projetos, o documento também está sujeito a atualizações e revisões conforme a necessidade do cliente.

A construção de edifícios demanda muito tempo, planejamento e coordenação. E qualquer instrumento ou procedimento que facilite o cotidiano de uma obra e reforce a metodologia e procedimentos aplicados naquele canteiro representa um ganho enorme nos custos e nos prazos de entrega do produto final.

Metodologia

O material originário, utilizado na elaboração do presente trabalho, é um modelo preliminar de folha zero desenvolvido e enviado pelos profissionais da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) com algumas sugestões de conteúdo que podem ser adaptados e padronizados de acordo com a cultura de cada empresa, o material disponibilizado foi recebido através do e-mail: abece@abece.com.br. A imagem a seguir descreve o modelo preliminar.

Figura 1 – Modelo Originário de Folha Zero da ABECE



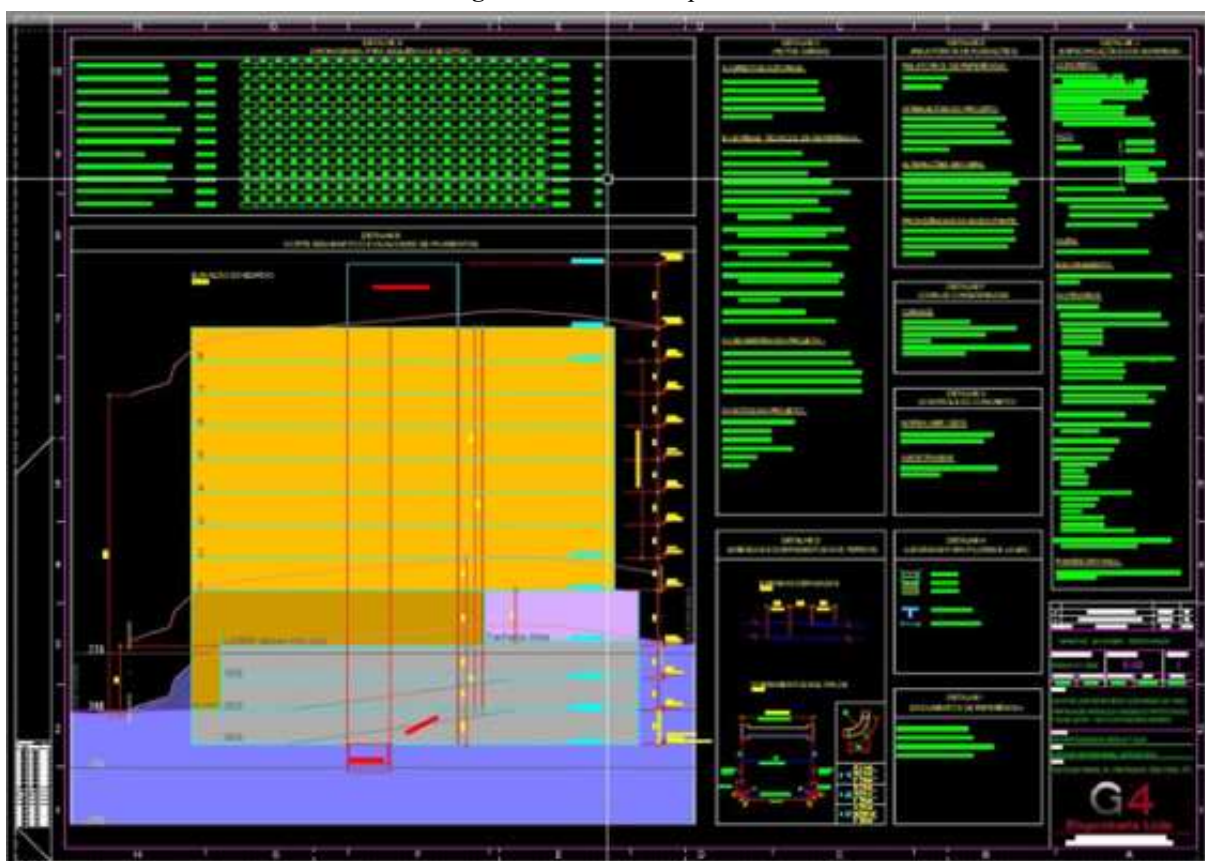
Fonte: Autor

Figura 2 – Publicação da Análise da Folha Zero no Site da ABECE



Fonte: ABECE (2007, s. p.)

Figura 3 – Modelo Hipotético



Fonte: o autor

Resultados e discussão

A Folha Zero não é só um conjunto de informações, mas um espaço para o desenvolvimento de metodologias para a gestão do projeto, pois aceita não só a contextualização das informações técnicas e normativas, mas também o detalhamento gráfico em forma de desenho, o que é ideal para o entendimento no cotidiano da obra.

Além disso, é um documento que transita também no ambiente virtual, sendo possível a inserção de links que interajam com qualquer planilha, site ou fornecedor, bastando que o projetista insira os caminhos no arquivo eletrônico ou DWG.

As informações técnicas e metodológicas produzidas e documentadas na Folha Zero contribuem para o conhecimento profissional e servem de parâmetro direcional para futuros projetos de mesma similaridade, especificidade ou particularidade.

As entidades de classes das engenharias e seus sites são importantes espaços para discussões de temas ligados a sua área de atuação, troca de experiências, consultas de artigos técnicos, metodológicos e bibliográficos.

Considerações finais

Fica a sugestão para que todos busquem conhecer sua entidade de classe para o correto desenvolvimento e florescimento de uma carreira profissional sólida e próspera.

Os acadêmicos do curso superior de tecnologia em construção de edifícios da UNIASSELVI agradecem a oportunidade de levar ao conhecimento de todos uma sugestão de gestão de projetos descomplicada e com grande potencial para o desenvolvimento e a disseminação de procedimentos, informações técnicas e normativas.

Referências

ABECE. Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural. **Abece**, 2007. Associados recebem folha zero para análise. Disponível em: <http://bit.ly/3mPcxKV>. Acesso em: 7 maio 2022.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8196/1999**. Desenho técnico - Emprego de escalas. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10068/1987**. Folha de desenho - Leiaute e dimensões. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10582/1988**. Apresentação da folha para desenho técnico. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10647/1989**. Desenho técnico. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Analysis of the technical-economic feasibility for the implementation of a photovoltaic energy generation system in residences in the state of santa catarina

Elvis Filipe Karkle¹
Aline de Viegas Beloni¹
Giovanni Gueler Dalvi¹

Resumo: Após a descoberta da energia elétrica, gerou-se grandes avanços e outras descobertas para a nossa sociedade, mas, recentemente, viu-se que essa energia, além de trazer benefícios, trouxe também malefícios, e como um dos principais, a degradação ao meio ambiente. Então, abordamos neste trabalho a energia fotovoltaica, que por si só tem a luz solar como fonte principal de energia, na qual conseguimos aproveitar e extrair do sol, uma energia eficaz, mais econômica e menos agressiva à natureza. Primeiramente, foi feita a revisão bibliográfica abordando os principais tópicos do tema. A seguir é apresentada uma análise simplificada da instalação de geração fotovoltaica, apresentando cálculos de economia dessa energia e em quais situações e regiões ela é mais oportuna e eficaz, especificamente no estado de Santa Catarina. É comprovado que o nosso país aborda uma ampla escala de radiação solar, sendo assunto e foco de grandes instituições de pesquisas, analisando inclusive a produção máxima mensal de energia no Brasil como um todo, o seu aproveitamento e distribuição da irradiância em suas regiões. O desenvolvimento da implantação do sistema de energia fotovoltaica, sua implantação, custos, benefícios e etapas a serem seguidas. O crescimento desse sistema ganha uma força gradativa a cada ano, por ser uma energia que gera mais economia para a família brasileira sem gerar ou consumir resíduos ou poluir os gases do efeito estufa e do aquecimento global.

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico residencial conectado à rede. Painéis fotovoltaicos. Geração de energia solar.

Abstract: After the discovery of electrical energy, it generated great advances and other discoveries for our society, but recently it was seen that this energy, in addition to bringing benefits, also brought harm, one of the main ones being the degradation of the environment. So, in this present work, we approach photovoltaic energy, which in itself has sunlight as the main source of energy, in which we can take advantage of and extract from the sun, an effective energy, more economical and less aggressive to nature. First, a bibliographic review was carried out addressing the main topics of the theme. Below is a simplified analysis of the installation of photovoltaic generation, showing calculations of energy savings and in which situations and regions it is more timely and effective, specifically in the state of Santa Catarina. It is proven that our country addresses a wide range of solar radiation, being the subject and focus of large research institutions, including analyzing the maximum monthly production of energy in Brazil as a whole, its use and distribution of irradiance in its regions. The development of the implementation of the photovoltaic energy system, its implementation, costs, benefits and steps to be followed. The growth of this system gradually gains strength each year, as it is an energy that generates more savings for the Brazilian family without generating or consuming waste or polluting greenhouse gases and global warming.

Keywords: Residential photovoltaic system connected to the grid. Photovoltaic panels. solar power generation.

Introdução

A energia possibilitou todo o desenvolvimento da sociedade ao estágio em que ela se encontra. No entanto, a relação de dependência sociedade-energia traz grandes preocupações quanto ao futuro da humanidade. A expansão acentuada do consumo de energia, embora possa refletir o aquecimento econômico e a melhoria de qualidade de vida, tem aspectos negativos. Estes as-

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI – Rodovia BR 470 - Km 71 - no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniasselvi.com.br

pectos são a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia, o impacto ao meio ambiente produzido por esta atividade e os elevados investimentos exigidos na pesquisa de novas fontes e construção de novas usinas (SANTOS; JÚNIOR; SANTOS, 2013).

O Sol é a maior fonte de energia que abastece a Terra. A energia proveniente do Sol aquece a Terra de forma desigual. Diariamente incide sobre a Terra mais energia vinda do Sol do que a demanda total de todos os habitantes de nosso planeta em todo ano. O território brasileiro, como um todo, está em uma posição privilegiada em termos de radiação solar. Comparativamente, a região que apresenta a maior disponibilidade energética é a região do Nordeste, em função de sua localização mais próxima à linha do Equador. Já as regiões Sul e Sudeste, por estarem mais distantes da linha do Equador, não apresentam os mesmos índices (SANTOS; JÚNIOR; SANTOS, 2013).

No Brasil, cerca de 81% da oferta total de energia elétrica é proveniente de grandes centrais hidrelétricas distantes dos grandes centros de consumo (SANTOS; JÚNIOR; SANTOS, 2013). O restante dessa oferta é obtido, em grande parte, através de combustíveis fósseis. Atualmente, há grande interesse no uso de fontes de energia “limpas”, ou seja, que não emitam CO₂ e gases poluentes.

Como solução alternativa à produção centralizada pode-se citar a Geração Distribuída (GD) de eletricidade, que é definida por produção de energia elétrica realizada junto ou próxima ao consumidor. As alternativas energéticas de GD devem considerar questões como distribuição geográfica da produção, confiabilidade e flexibilidade de operação, disponibilidade de preços, de combustíveis, prazos de instalação e construção, condições de financiamento, licenciamento ambiental etc. (SANTOS; JÚNIOR; SANTOS, 2013).

Nos últimos anos, um conjunto de fatores tem colaborado para a consolidação da geração fotovoltaica conectada à rede no Brasil. Dentre eles pode-se destacar a redução do preço dos módulos fotovoltaicos no mercado internacional; a divulgação, ainda que em maior intensidade, nos meios acadêmico e empresarial, por meio de seminários, congressos, workshops etc.; a mobilização do governo no sentido de criar um marco regulatório no setor, tendo como exemplos as Resoluções Normativas nº 482/2012 e 687/2015, Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 013/2011 da ANEEL, e os Leilões de Geração Centralizada do MME em 2014 e 2015, a produção de normas técnicas nacionais para conexão à rede e instalação elétrica de sistema fotovoltaicos; e o interesse da indústria em nacionalizar a produção de equipamentos.

O desenvolvimento contínuo e rápido da tecnologia solar fotovoltaica requer pesquisas sobre sua viabilidade técnica e econômica. Portanto, este trabalho tem como objetivo propor uma solução para instalação e ligação à rede de sistemas solares fotovoltaicos em conformidade com todas as normas estabelecidas pelos órgãos envolvidos, a fim de suprir as necessidades energéticas dos moradores em alguns horários do dia. E, também, fazer previsões de custos com base nas tecnologias existentes no mercado. Por se tratar de um investimento com taxa de retorno de investimento mediano, o foco deste trabalho é para residências de classe alta e média-alta no estado de Santa Catarina, onde a integração arquitetônica e o fator ambiental sustentável têm um peso que justifica a sua instalação.

Para atingir o objetivo geral fez-se necessária sua divisão entre os seguintes objetivos específicos: detalhar simplificada os quesitos técnicos que compõem uma instalação de geração fotovoltaica conectada à rede; dimensionar o sistema fotovoltaico para atender uma parcela da demanda de energia; orçar componentes de fabricantes homologados; atender os principais procedimentos para conexão com a rede de distribuição; calcular as variáveis econômicas: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), *Payback*; compreender em quais aspectos o projeto é viável economicamente; fazer um comparativo para a instalação de um sistema fotovoltaico na principal cidade de cada região de Santa Catarina.

Dimensionamento do projeto

Neste tópic, o manual de engenharia será usado para lidar com os requisitos básicos a serem considerados na determinação do tamanho do sistema solar conectado à rede, como potencial energético, carga residencial e demanda de energia, seleção de equipamentos etc., para referência ao sistema fotovoltaico.

Potencial Energético

Através do serviço de mapas (MAPS, 2021), e com a ajuda do software SunData disponibilizado no site da CRESESB (2018), é consultado o potencial energético do local onde será instalado o sistema solar, através das coordenadas do endereço residencial. Segundo o CRESESB (2014), os dados do software são atualizados a partir da segunda edição do Atlas Solar do Brasil, produzido pelo Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para a estimativa da geração de energia fotovoltaica, a quantidade irradiância total é convertida em um intervalo de tempo. O número de horas de pleno sol (HSP) é o número de horas que a irradiância solar deve permanecer igual a 1 kW / m² para que a energia acumulada ao longo do dia seja igual à energia fornecida pelo sol (PINHO; GALDINO, 2014). O valor de HSP pode ser encontrado na Equação (1).

$$HSP = \frac{Irradiancia[kW h/m^2]}{1[kW/m^2]} [h] \quad 1$$

Em Blumenau

A Tabela 1 mostra a irradiância solar média em diferentes ângulos de inclinação durante o ano, em kWh/m².dia.

Tabela 1 – Média mensal do total diário da irradiação no local de interesse – Blumenau

Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]				
Mês	Plano Horizontal (0° N)	Ângulo Igual a Latitude (27° N)	Maior Média Anual (21° N)	Maior Mínimo Mensal (39°N)
Janeiro	5,48	4,91	5,10	4,45
Fevereiro	5,24	5,00	5,12	4,65
Março	4,54	4,72	4,74	4,56
Abril	3,67	4,25	4,17	4,28
Mai	3,02	3,87	3,74	4,05
Junho	2,49	3,31	3,17	3,51
Julho	2,63	3,43	3,29	3,61
Agosto	3,27	3,93	3,83	4,02
Setembro	3,38	3,60	3,60	3,52
Outubro	3,83	3,74	3,81	3,53
Novembro	5,03	4,60	4,75	4,20
Dezembro	5,51	4,87	5,07	4,38
Média Anual [kWh/m ² .dia]	4,01	4,18	4,20	4,06
Delta	3,03	1,68	1,95	1,14

Fonte: adaptado de Pinho e Galdino (2014)

Considerando que a irradiância média anual em Blumenau é de 4,18 kWh/m², de acordo com a Equação 1, o número de horas de sol pleno na cidade é igual há 4,18 horas, o que equivale aproximadamente a 4 horas e 11 minutos de energia acumulada, conforme mostrado na Equação (2).

$$HSP = \frac{4,18}{1} = 4,18 [h] \quad 2$$

Em Criciúma

A Tabela 2 mostra a irradiância solar média em diferentes ângulos de inclinação durante o ano, em kWh/m².dia.

Tabela 2 – Média mensal do total diário da irradiação no local de interesse – Criciúma

Mês	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]			
	Plano Horizontal (0° N)	Ângulo Igual a Latitude (29° N)	Maior Média Anual (23° N)	Maior Mínimo Mensal (43°N)
Janeiro	5,66	5,04	5,24	4,47
Fevereiro	5,23	4,99	5,11	4,57
Março	4,50	4,71	4,74	4,51
Abril	3,79	4,50	4,42	4,54
Mai	2,98	3,95	3,81	4,15
Junho	2,49	3,47	3,32	3,71
Julho	2,70	3,69	3,54	3,91
Agosto	3,43	4,26	4,15	4,37
Setembro	3,54	3,82	3,82	3,72
Outubro	4,32	4,23	4,31	3,93
Novembro	5,65	5,12	5,30	4,57
Dezembro	5,91	5,17	5,39	4,53
Média Anual [kWh/m ² .dia]	4,18	4,41	4,43	4,25
Delta	3,42	1,70	2,07	0,86

Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Considerando que a irradiância média anual em Criciúma é de 4,41 kWh/m², de acordo com a Equação 1, o número de horas de sol pleno na cidade é igual há 4,41 horas, o que equivale aproximadamente a 4 horas e 25 minutos de energia acumulada, conforme mostrado na Equação (3).

$$HSP = \frac{4,41}{1} = 4,41 [h] \quad 3$$

Em Lages

A Tabela 3 mostra a irradiância solar média em diferentes ângulos de inclinação durante o ano, em kWh/m².dia.

Tabela 3 – Média mensal do total diário da irradiação no local de interesse – Lages

Mês	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]			
	Plano Horizontal (0° N)	Ângulo Igual a Latitude (28° N)	Maior Média Anual (22° N)	Maior Mínimo Mensal (48°N)
Janeiro	5,75	5,14	5,33	4,25
Fevereiro	5,45	5,2	5,32	4,51
Março	4,6	4,81	4,83	4,46
Abril	3,73	4,37	4,29	4,36
Mai	2,85	3,69	3,56	3,89
Junho	2,45	3,32	3,18	3,59
Julho	2,69	3,59	3,45	3,85
Agosto	3,50	4,30	4,19	4,41
Setembro	3,68	3,96	3,96	3,77
Outubro	4,41	4,32	4,4	3,84
Novembro	5,64	5,12	5,3	4,29
Dezembro	5,98	5,24	5,46	4,27
Média Anual [kWh/m ² .dia]	4,23	4,42	4,44	4,12
Delta	3,53	1,92	2,28	0,92

Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Considerando que a irradiância média anual em Lages é de 4,42 kWh/m², de acordo com a Equação 1, o número de horas de sol pleno na cidade é igual há 4,42 horas, o que equivale aproximadamente a 4 horas e 25 minutos de energia acumulada, conforme mostrado na Equação (4).

$$HSP = \frac{4,42}{1} = 4,42 [h] \quad 4$$

Em São José

A Tabela 4 mostra a irradiância solar média em diferentes ângulos de inclinação durante o ano, em kWh/m².dia.

Tabela 4 – Média mensal do total diário da irradiação no local de interesse – São José

Mês	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]			
	Plano Horizontal (0° N)	Ângulo Igual a Latitude (28° N)	Maior Média Anual (22° N)	Maior Mínimo Mensal (38°N)
Janeiro	5,73	5,12	5,31	4,71
Fevereiro	5,35	5,1	5,23	4,81
Março	4,57	4,77	4,80	4,64
Abril	3,73	4,37	4,29	4,41
Mai	3,03	3,95	3,81	4,11
Junho	2,54	3,47	3,32	3,66
Julho	2,68	3,56	3,42	3,73
Agosto	3,39	4,14	4,04	4,23
Setembro	3,46	3,71	3,71	3,65
Outubro	4,15	4,05	4,13	3,86
Novembro	5,38	4,89	5,06	4,53

Dezembro	5,84	5,12	5,34	4,69
Média Anual [kWh/m ² .dia]	4,16	4,35	4,37	4,25
Delta	3,3	1,65	2,02	1,16

Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Considerando que a irradiância média anual em São José é de 4,35 kWh/m², de acordo com a Equação 1, o número de horas de sol pleno na cidade é igual há 4,35 horas, o que equivale aproximadamente a 4 horas e 21 minutos de energia acumulada, conforme mostrado na Equação (5).

$$HSP = \frac{4,35}{1} = 4,35 [h] \quad 5$$

Em Itajaí

A Tabela 5 mostra a irradiância solar média em diferentes ângulos de inclinação durante o ano, em kWh/m².dia.

Tabela 5 – Média mensal do total diário da irradiação no local de interesse – Itajaí

Mês	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]			
	Plano Horizontal (0° N)	Ângulo Igual a Latitude (27° N)	Maior Média Anual (21° N)	Maior Mínimo Mensal (41°N)
Janeiro	5,58	5,00	5,19	4,44
Fevereiro	5,32	5,07	5,19	4,65
Março	4,56	4,74	4,76	4,54
Abril	3,66	4,23	4,16	4,26
Mai	3,03	3,89	3,75	4,08
Junho	2,50	3,33	3,19	3,55
Julho	2,63	3,43	3,30	3,63
Agosto	3,26	3,91	3,82	4,00
Setembro	3,44	3,66	3,66	3,56
Outubro	4,01	3,91	3,98	3,64
Novembro	5,14	4,69	4,85	4,21
Dezembro	5,59	4,93	5,14	4,34
Média Anual [kWh/m ² .dia]	4,06	4,23	4,25	4,08
Delta	3,10	1,74	2,01	1,10

Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Considerando que a irradiância média anual em Itajaí é de 4,23 kWh/m², de acordo com a Equação 1, o número de horas de sol pleno na cidade é igual há 4,23 horas, o que equivale aproximadamente a 4 horas e 14 minutos de energia acumulada, conforme mostrado na Equação (6).

$$HSP = \frac{4,23}{1} = 4,23 [h] \quad 6$$

Em São Bento do Sul

A Tabela 6 mostra a irradiância solar média em diferentes ângulos de inclinação durante o ano, em kWh/m².dia.

Tabela 6 – Média mensal do total diário da irradiação no local de interesse – São Bento do Sul

Mês	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]			
	Plano Horizontal (0° N)	Ângulo Igual a Latitude (26° N)	Maior Média Anual (21° N)	Maior Mínimo Mensal (46°N)
Janeiro	5,31	4,79	4,94	4,00
Fevereiro	5,03	4,80	4,90	4,19
Março	4,44	4,60	4,62	4,28
Abril	3,62	4,15	4,10	4,14
Mai	2,93	3,69	3,58	3,89
Junho	2,55	3,36	3,24	3,63
Julho	2,78	3,60	3,48	3,86
Agosto	3,67	4,44	4,34	4,57
Setembro	3,70	3,95	3,94	3,77
Outubro	4,29	4,20	4,26	3,75
Novembro	5,16	4,72	4,86	3,99
Dezembro	5,47	4,86	5,02	4,00
Média Anual [kWh/m ² .dia]	4,08	4,26	4,27	4,01
Delta	2,93	1,50	1,78	0,93

Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Considerando que a irradiância média anual em São Bento do Sul é de 4,26 kWh/m², de acordo com a Equação 1, o número de horas de sol pleno na cidade é igual há 4,26 horas, o que equivale aproximadamente a 4 horas e 16 minutos de energia acumulada, conforme mostrado na Equação (7).

$$HSP = \frac{4,26}{1} = 4,26 [h] \quad 7$$

Em Chapecó

A Tabela 7 mostra a irradiância solar média em diferentes ângulos de inclinação durante o ano, em kWh/m².dia.

Tabela 7– Média mensal do total diário da irradiação no local de interesse – Chapecó

Mês	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]			
	Plano Horizontal (0° N)	Ângulo Igual a Latitude (27° N)	Maior Média Anual (21° N)	Maior Mínimo Mensal (47°N)
Janeiro	6,18	5,52	5,74	4,55
Fevereiro	5,71	5,45	5,58	4,73
Março	5,10	5,34	5,36	4,97
Abril	4,08	4,78	4,69	4,80
Mai	3,15	4,08	3,93	4,33

Junho	2,66	3,61	3,45	3,92
Julho	2,95	3,94	3,77	4,24
Agosto	3,79	4,67	4,54	4,81
Setembro	4,04	4,37	4,35	4,17
Outubro	5,15	5,05	5,14	4,49
Novembro	6,18	5,61	5,81	4,68
Dezembro	6,48	5,67	5,92	4,60
Média Anual [kWh/m ² .dia]	4,62	4,84	4,86	4,53
Delta	3,81	2,06	2,47	1,04

Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Considerando que a irradiância média anual em Chapecó é de 4,84 kWh/m², de acordo com a Equação 1, o número de horas de sol pleno na cidade é igual há 4,84 horas, o que equivale aproximadamente a 4 horas e 50 minutos de energia acumulada, conforme mostrado na Equação (8).

$$HSP = \frac{4,84}{1} = 4,84 [h] \quad 8$$

Espaço Físico e Análise de Sombreamento

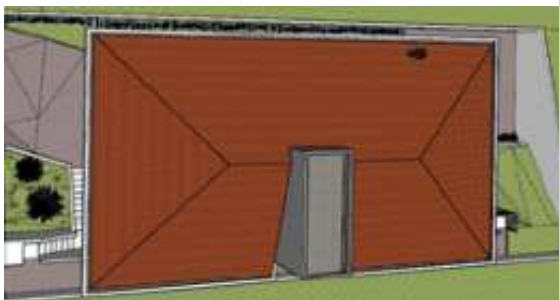
A escolha do local de instalação do painel fotovoltaico é um fator decisivo para o desempenho do sistema. Em alguns casos, uma grande dificuldade é integrar os painéis com os elementos arquitetônicos do edifício. Na instalação de coberturas urbanas, o projetista pode colocar os módulos de forma flexível, dependendo da inclinação e direção da cobertura. Isso pode ser evitado com a inserção de uma estrutura metálica de suporte para o painel (PINHO; GALDINO, 2014).

As coberturas residenciais onde serão instalados os painéis fotovoltaicos deste projeto são construídas para o efeito: o sistema fotovoltaico é combinado com a construção da cobertura. A casa está em construção para atender às necessidades de instalação de painéis, para que seja possível construir uma cobertura com inclinação ideal para o acoplamento dos módulos fotovoltaicos. Uma observação que deve ser feita é que a cobertura deve ser preparada para suportar o peso dos painéis, pois cada painel pesa 22,4 kg. Portanto, todo o conjunto do sistema terá um peso considerável.

A direção do telhado já está voltada para o norte. Segundo Rüter (2004), a direção ideal é a superfície voltada para o equador (norte geográfico para instalação no hemisfério sul), e a inclinação do painel deve ser próxima à latitude para garantir o máximo de luz solar.

Portanto, a direção da cobertura ficará voltada para o norte geográfico, com uma inclinação de 27° (graus), que é aproximadamente a latitude da cidade de Blumenau. Na Figura 1 é possível observar a construção atual da residência e onde será construído o telhado que acoplará os painéis fotovoltaicos.

Figura 1 – Modelagem 3D do local onde será instalado o sistema fotovoltaico



Fonte: os autores

Com base na experiência dos moradores e na vivência compartilhada, conclui-se que não há risco de blindagem do painel onde será instalado. Os painéis serão incluídos no projeto arquitetônico da nova cobertura em si. Não existem árvores ou edifícios muito grandes perto do local que possam afetar o funcionamento dos painéis. Na Figura 2, a casa pode ser observada por meio de imagens de satélite. Foram pegos terrenos similares em cada cidade.

Figura 2 – Imagem via satélite indicando o local da residência do projeto (adaptado)



Fonte: Adaptado de Maps (2021)

Carga Instalada

Para melhor compreender os hábitos de consumo de energia dos residentes e assim comparar os resultados teóricos com os resultados medidos, realizamos visitas de campo e coletamos dados dos equipamentos instalados. Outras informações também são levadas em consideração na coleta de dados, como tempo de utilização dos equipamentos, iluminação e previsões de novas cargas que podem ser instaladas, conforme mostra a Tabela 8.

É importante notar que motores e aquecedores de piscina são cargas que foram instaladas no local recentemente. Portanto, o consumo total previsto será uma previsão de que essas cargas serão utilizadas nos próximos meses, e agregá-las ao tamanho do sistema fotovoltaico será de extrema importância, pois serão grandes consumidores de energia.

Tabela 8 – Levantamento de carga e consumo da residência

Equipamento	Qtd	Potência Ativa Nominal [W]	Fator de Potência	Potência Nominal [VA]	Potência Total [kVA]	Tempo de Uso (dia) [h]	Energia Consumida (dia) [kWh]	Energia Consumida (mês) [kWh]
Geladeira 1	1	150	0,85	127,5	0,1275	10	1,5	45,00
Geladeira 2	1	120	0,85	102	0,102	10	1,2	36,00
Batedeira	1	300	0,92	276	0,276	0,5	0,15	4,50
Microondas	1	1.000	0,92	920	0,92	0,2	0,2	6,00
Cafeteira	1	800	1,00	800	0,8	0,1	0,08	2,40
Ventilador	1	85	0,92	78,2	0,0782	6	0,51	15,30
Liquidificador	1	550	0,92	506	0,506	0,1	0,055	1,65
TV 1	1	120	0,92	110,4	0,1104	5	0,6	18,00
TV 2	1	115	0,92	105,8	0,1058	3	0,345	10,35
Videogame	1	135	0,92	124,2	0,1242	1	0,135	4,05
Ferro Elétrico	1	1.200	1,00	1200	1,2	0,05	0,06	1,80
Lavadora de Roupas	1	150	0,85	127,5	0,1275	1	0,15	4,50
Chuveiro 1	1	7.700	1,00	7.700	7,70	0,25	1,925	57,75
Chuveiro 2	1	7.700	1,00	7.700	7,70	0,50	3,85	115,50
Lâmpada LED (sala/cozinha)	3	20	0,80	16	0,048	12	0,24	7,20
Lâmpada LED (interna)	5	20	0,80	16	0,08	6	0,12	3,60
Lâmpada LED (externa)	1	30	0,80	24	0,024	12	0,36	10,80
Lâmpada LED (externa)	1	100	0,80	80	0,08	8	0,8	24,00
Motor Piscina	1	368	0,72	264,96	0,26496	4	1,472	44,16
Aquecedor Piscina	1	800	1,00	800	0,8	4	3,2	96,00
Lavadora de Roupas	1	150	0,85	127,5	0,1275	1	0,15	4,50
Valor Total		21.613	0,98	21.206,06	21,30	0,80	17,10	513,06
							Total Energia Consumida (dia) [kWh]	17,102
							Total Energia Consumida (mês) [kWh]	513,06

Fonte: os autores

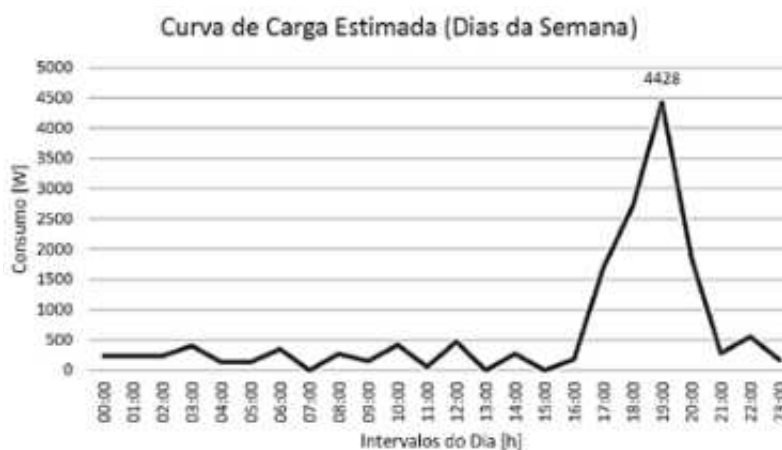
Perfil de Consumo Energético

Para traçar a curva de consumo de energia, levando em consideração o trabalho diário dos residentes, foi realizada uma estimativa diária média do tempo possível de trabalho de cada dispositivo. Para isso, dividi o valor da coluna “Consumo de energia (dia)” da Tabela 8 pelo número de horas da coluna “Horário de uso (dia)” e aloque-os de acordo com o horário de uso mais provável, 24 horas por dia.

Para tornar os resultados mais próximos e fiéis aos hábitos de consumo de energia dos residentes, foram traçadas duas curvas de estimativa de carga: uma para os dias da semana (Figura 3) e outra para os finais de semana (Figura 4). A única diferença entre eles é o uso da piscina nos fins de semana, das 14h às 18h. Nos dias de semana, funciona das 17h00 às 21h00.

Como os motores das bombas e aquecedores de piscina estão entre as cargas relacionadas mais altas, é importante distinguir entre as curvas de carga nos dias de semana e finais de semana. Outro ponto a ser observado é o consumo de energia de pico, que se concentra principalmente à tarde e à noite, pois os moradores dificilmente ficam em casa durante o dia.

Figura 3 – Curva de carga estimada diária para os dias da semana



Fonte: os autores

Figura 4 – Curva de carga estimada diária para os finais de semana.



Fonte: os autores

Cálculo da Demanda de Energia

Para determinar o tamanho do grupo gerador fotovoltaico, o consumo diário anual (kWh/dia) deve primeiro ser determinado para formar a potência dos painéis que serão conectados à rede. Esse valor pode ser obtido por meio da análise de faturas mensais anteriores ou de pesquisas de carga de instalação (PINHO; GALDINO, 2014). Para o sistema desse projeto, será considerado um consumo médio diário estimado em aproximadamente 17,10 kWh / dia (Tabela 8). A partir da Equação (9), a potência de pico (PFV) dos painéis fotovoltaicos pode ser calculada em kWp (quilowatts de pico).

$$P_{FV} = \frac{E/TD}{HPSMA} [kWp] \quad 9$$

De acordo com a Equação 9, E (kWh/dia) é o consumo diário médio anual da edificação, TD (adimensional) é a taxa de desempenho e HPSMA (h) é o valor médio diário médio anual do total de horas de insolação no sistema fotovoltaico painel. Ênfase especial é dada a taxa de desempenho, esta variável interfere diretamente no desempenho do sistema fotovoltaico e é definida pela relação entre o desempenho real do sistema e o desempenho máximo teórico. Além disso, essa relação leva em consideração as reais perdas de potência e energia do sistema nas mais diversas condições de operação. Um estudo de 527 sistemas fotovoltaicos interligados à rede, instalados, principalmente, na Alemanha mostrou que o TD médio entre 2001 e 2005 (sistemas com potência abaixo de 10 kWp) ficou entre 70% e 75% (PINHO; GALDINO, 2014). De acordo com o conceito teórico proposto, pode-se calcular a potência do painel a ser instalado no sistema de projeto em questão. De acordo com o sistema fotovoltaico residencial conectado à rede, instalado no Brasil por Pinho e Galdino (2014), o valor horário de pleno sol utilizado é de 4,18 horas (Tabela 1), e a taxa de desempenho é estimada em 75%. Ventilado e descoberto, o TD está entre 70% e 80%.

$$P_{FV} = \frac{17,10/0,75}{4,18} = 5,45 [kWp] \quad 10$$

Comparando o valor da potência do painel fotovoltaico obtido pela Equação (10) com a potência máxima estimada na curva de carga, que é de aproximadamente 4,43kWp (Figura 3), verifica-se que o PFV corresponde a aproximadamente 81,28% do valor da potência máxima.

Escolha e Disposição do Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico escolhido para formar o layout do painel deste projeto é o Risen, o modelo é RSM-156-6-445M, cada um tem uma potência nominal de 445Wp e é feito de silício monocristalino.

Dados importantes a serem comentados: eficiência do módulo 20,5%, potência nominal máxima 445W, tensão de circuito aberto 52,7V (DC). A seguir, a área do módulo será calculada com base em seu tamanho de 2.178x996x40 mm de acordo com a Equação (11).

$$Área_{módulo} = l * a = 2,178 * 0,996 \cong 2,17[m^2] \quad 11$$

Portanto, cada módulo ocupa aproximadamente 2,17m². Para descobrir a área total do layout, você precisa calcular quantos módulos são necessários para gerar a potência total do sistema fotovoltaico, que foi calculada no item supracitado *Cálculo da Demanda de Energia*. Por este motivo, o valor de PFV na Equação (10) será dividido pelo valor da potência de pico do módulo selecionado para o projeto de acordo com a Equação (12).

$$n_{módulos} = \frac{P_{FV}}{P_{módulo}} = \frac{5,45}{0,445} \cong 12 \text{ módulos} \quad 12$$

Portanto, multiplicando a área do módulo pelo número exigido pelo sistema, o painel ocupará uma área de 26,04m². O próximo passo é definir as conexões do módulo e do painel: série, paralelo ou ambos. Por este motivo, é importante que a tensão e a corrente de saída geradas no módulo não ultrapassem o valor máximo permitido na entrada do inversor.

A tensão de entrada do inversor pode ser calculada com base no número de módulos conectados em série. Quando o painel estiver em circuito aberto (VOC), aparecerá a tensão máxima do sistema. Este fenômeno pode ocorrer no inverno. Devido à baixa irradiância, o sistema pode ser desconectado da rede, deixando o módulo em estado de circuito aberto, e, como resultado, a tensão aumentou. Portanto, de acordo com a Equação (13) (PINHO; GALDINO, 2014), a tensão em circuito aberto e a tensão máxima de entrada ($V_{i_{máx}}$) permitida no inversor devem ser consideradas no cálculo do número máximo de módulos em série.

$$n^{\circ} \text{módulos}_{série} * V_{OC} < V_{i_{máx}} [V] \quad 13$$

Para este projeto, o painel será composto por seis módulos fotovoltaicos conectados em série. Por meio do catálogo do fabricante do módulo, verifique se VOC é igual a 52,7 V e pelo do inversor, $V_{i_{máx}}$ é igual a 600 V. A Equação (14) mostra a relação do valor da tensão.

$$6 * 52,7 < 600 [V] \quad 14$$

$$316,2 < 600 [V] \quad 15$$

A partir do valor obtido na Equação (15), a relação é respeitada, mas segundo Pinho e Galdino (2014), o número de módulos em série também deve atender a faixa de tensão de rastreamento do ponto de potência máxima (MPPT) e o Rastreamento do ponto de potência máxima, inversor. Esse padrão deve ser atendido, pois no verão, no Brasil, a temperatura do módulo pode chegar a até 70°C, o que reduz o valor da tensão CC gerada pelo sistema. Portanto, é muito importante avaliar se os módulos conectados em série podem atender à tensão MPPT mínima ($V_{i_{MPPT_{min}}}$) do inversor. Analisa-se também o caso contrário, pois durante os períodos de frio o módulo atinge sua eficiência máxima e a tensão gerada pelo sistema não deve ultrapassar o MPPT de operação máxima do inversor ($V_{i_{MPPT_{max}}}$). Esta condição pode ser estabelecida a partir da Equação (16), onde $V_{mpT_{max}}$ é a tensão de alimentação máxima do módulo na temperatura operacional mais alta e $V_{mpT_{min}}$ é a temperatura operacional mais baixa.

$$\frac{V_{i_{MPPT_{min}}}}{V_{mpT_{max}}} < n^{\circ} \text{módulos}_{série} < \frac{V_{i_{MPPT_{max}}}}{V_{mpT_{min}}} \quad 16$$

Considerando seis módulos fotovoltaicos conectados em série, e substituindo o valor da Equação (16) pelas especificações técnicas do módulo e inversor, obtemos da Equação (17):

$$\frac{210}{38} < 6 < \frac{560}{48} \quad 17$$

$$5,53 < 6 < 11,67 \quad 18$$

Portanto, após todas essas análises padrão, seis módulos fotovoltaicos podem ser conectados em série, Equação (18). A próxima etapa é analisar o padrão paralelo dos módulos que foram conectados em série. Para garantir que o valor máximo da corrente ($I_{i_{máx}}$) na entrada do inversor não seja excedido, a Equação (19) deve ser satisfeita. Uma vez que ISC é a corrente de curto-circuito do módulo sob condições de teste padrão (STC), deve ser:

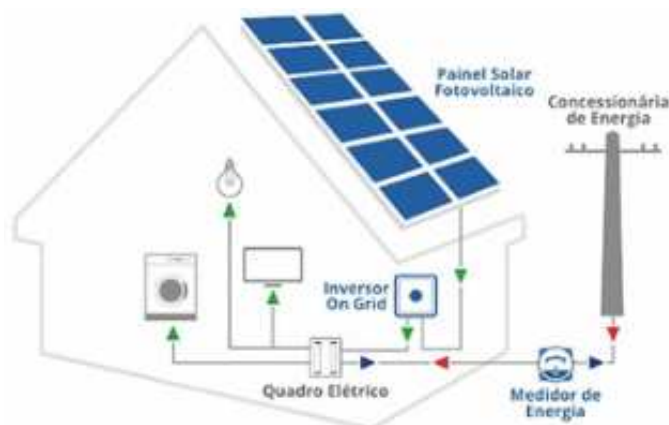
$$n^{\circ} \text{módulos}_{série_{paralelo}} = \frac{I_{i_{máx}}}{I_{SC}} \quad 19$$

Substituindo o valor na Equação (19) no módulo especificado e no valor atual do inversor, obtemos:

$$n^{\circ} \text{módulos}_{\text{série}} \text{paralelo} = \frac{18}{10,77} = 1,67 \quad 20$$

Portanto, o número máximo de conexões paralelas dos módulos em série será igual a 2, Equação (20). A Figura 5 ilustra a conexão de módulos fotovoltaicos com duas fileiras em paralelo, com seis módulos em série em cada fileira. Você também pode observar a corrente gerada pelo painel, que pode fornecer energia para a casa ou injetar excesso de corrente na rede pública.

Figura 5 – Esquema de um sistema fotovoltaico conectado à rede (adaptado)



Fonte: os autores

Escolha do Inversor

Além de considerar outros fatores ambientais, econômicos e de desempenho, a seleção do inversor deve ser estimada com base na potência do sistema fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014). O inversor selecionado para este projeto é da marca WEG e o modelo é SIW300H M050. O nível de eficiência é de 98,4%. O tamanho do inversor é determinado com base na potência de pico do sistema fotovoltaico a 5,45kWp. Portanto, um dispositivo que pode fornecer uma potência nominal de 5000 W foi selecionado.

Projeto Elétrico

O projeto elétrico das instalações fotovoltaicas é outro aspecto do dimensionamento do projeto, que inclui tudo, desde a seleção do condutor até as especificações do dispositivo de proteção, como diodos de deflexão e corrente reversa, disjuntores e aterramento. O projeto deve atender às condições da norma técnica NBR 5410 para instalações elétricas de baixa tensão (PINHO; GALDINO, 2014). No entanto, se o projetista deseja determinar o tamanho mínimo da seção transversal do condutor, ele pode usar a fórmula (21).

$$s = \rho * \frac{d * I}{\Delta V} [mm^2] \quad 21$$

S é a seção transversal mínima do condutor, ρ ($\Omega \cdot mm^2/m$) a resistividade do material, d (m) a distância total do condutor, corrente I (A) e a queda de tensão permitida no trecho ΔV (V), com estes parâmetros é possível determinar a seção transversal exata do condutor.

Neste projeto, por uma questão de simplificação, será utilizada a seção transversal mínima do condutor recomendada pelo fabricante do módulo fotovoltaico, 4 mm². Além disso, em termos de proteção, o modelo deste módulo já possui três diodos de desvio (*bypass*), sem necessidade de ajuste de tamanho.

Análise de Perdas

De acordo com as especificações do catálogo de módulos utilizados neste projeto, a temperatura média de operação é de 43°C, que é 18°C superior ao valor estabelecido pelas condições de teste padrão (STC). Para cada grau de aumento de temperatura, a eficiência do módulo ainda cairá 0,40%, resultando em uma perda total de 7,2%. Para valores de irradiância baixos entre 200 e 1000 W/m², a eficiência média do módulo é de 96%, resultando em uma queda de 4% na eficiência.

A eficiência do inversor utilizado é de 98,4%, e a perda é de 1,6% conforme especificações do catálogo. A outros parâmetros que afetam a eficiência do sistema que são mostrados na Tabela 9, citados por Miranda (2014), o qual utiliza artigos científicos para obter os resultados estimados.

Tabela 9 – Perdas consideradas no sistema fotovoltaico

Perda	Valor Considerado
Baixa Irradiância	4,00%
Temperatura Nominal de Operação	8,00%
Condutores CC	2,00%
Condutores CA	2,00%
Inversor	2,00%
Degradação da Incidência Solar Inicial	2,00%
Poeira e Resíduos Acumulados nos Módulos	2,00%
Total	22,00%

Fonte: os autores

Capacidade de Geração de Energia

Depois de realizar todos os cálculos e análises necessárias sobre o tamanho do sistema fotovoltaico, temos um projeto com uma potência total de 5,45kWp que pode atender às necessidades energéticas dos moradores residenciais a serem instalados. São necessários um total de 12 módulos fotovoltaicos, que são dispostos em duas filas em paralelo, com seis módulos em série em cada fila.

Além disso, é importante destacar a área de 26,04 m² necessária para a disposição dos painéis, nos quais a casa foi projetada para receber o sistema já contemplado no projeto de construção da cobertura.

Além da taxa média de incidência solar neste local, a energia produzida por cada módulo também depende de fatores como a área e a eficiência de cada módulo. A eficiência média dos módulos fotovoltaicos está entre 6% e 20%. Para encontrar o valor da capacidade de geração de energia, basta multiplicar esses valores conforme a Equação (22) (MESSENGER; VENTRE, 2010).

$$E_M = A * \eta * E_S \quad 22$$

Onde A (m^2) é igual à área de cada componente, η (adimensional) é a eficiência do componente, ES ($kWh / m^2.dia$) é a insolação do local, de acordo com os valores calculados e referenciado no catálogo de especificações antes, cada módulo é gerado todos os dias.

De acordo com o resultado da Equação 22 e o valor da potência nominal de cada componente, a produção anual e a potência total instalada do sistema podem ser estimados, respectivamente. Para geração de energia anual, EM é multiplicado por 365 (o número de dias em um ano) e o número de módulos. Para estimar a capacidade do sistema, basta multiplicar a potência de cada módulo por 12 (o número de módulos instalados). Por fim, de acordo com o percentual de perda do sistema calculado (Tabela 9), um resultado real de geração de energia mais próximo pode ser obtido.

Custos para Instalação do Sistema Fotovoltaico

O orçamento total do projeto foi realizado levando em consideração todos os equipamentos necessários ao sistema, bem como os acessórios e mão de obra necessários para a instalação. O preço dos equipamentos e da mão de obra para a instalação dos módulos, foi fornecido por empresa especializada na prestação de serviços de sistemas de geração de energia fotovoltaica. Os itens do projeto são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Itens do projeto de sistema fotovoltaico.

Itens
Inversor WEG SIW300H M050 L1 (5.000W)
Módulo Fotovoltaico Risen RSM-156-6-445M (445W)
Par de Cabo 4 mm ² (1 metro)
Par de Conectores MC4
Estrutura Metálica para Fixação dos Painéis
Mão de Obra

Fonte: os autores

Cálculo do Retorno de Investimento para Pagamento à Vista do Sistema

O custo de aquisição de um sistema fotovoltaico, para além do investimento inicial, inclui também os custos de operação, manutenção e substituição. Nesta seção, o pagamento à vista do sistema será considerado para calcular o retorno do investimento. Além disso, a vida útil dos módulos fotovoltaicos será considerada como 25 anos. Segundo Brasil (2015), essa é a expectativa média garantida pelo fabricante, da qual 90% da potência pode chegar a 12 anos e 80% são 25 anos.

O retorno do investimento é calculado com base na previsão do preço da energia combinada com a geração média anual de energia do sistema. Para cada cidade há uma previsão de geração por ano, sendo considerada uma depreciação anual de 1,25% a cada ano, pois a eficiência média do módulo ao final dos primeiros 25 anos é de 80%.

Para se obter o valor da economia, é multiplicada a projeção do preço do kWh pela energia produzida naquele ano, que hoje está em torno de R\$ 0,76, em Santa Catarina. O primeiro fluxo de caixa é a economia do primeiro ano menos o valor do investimento inicial. O seguinte é calculado com base na economia e no fluxo de caixa do ano anterior.

Para a previsão do preço da energia, foi estimada em 10% a inflação da energia ao ano, que é atribuído aos dados estimados após análise de cenários recentes. Segundo ND+ (2020), o valor da energia subiu 8,14% em 2020, e analisando reportagem de 2021, o G1 (2021) mostra

que aumentou a energia elétrica paga pelos consumidores 5,65%. Portanto, o preço do kWh só tenderá a aumentar e enfrentar um determinado momento em que o valor flutue fortemente.

Certos componentes dos sistemas fotovoltaicos não têm a mesma durabilidade dos módulos solares. Por exemplo, a vida útil do inversor é de cerca de 10 anos, podendo chegar a 15 anos ou mais, dependendo das condições ambientais e da ocorrência de descargas atmosféricas (BRASIL, 2015). Portanto, no 10º ano, o inversor será considerado para substituição, que é considerado igual ao preço previamente orçado para fins matemáticos.

O retorno sobre o tempo de investimento, o retorno sobre o investimento em inglês, é expresso no dimensionamento do sistema de energia solar para economizar o tempo necessário para pagar todos os custos iniciais de instalação, gerando lucros para o proprietário. Em suma, o cálculo é baseado na Equação (23), investigando o custo total do investimento e dividindo-o pela economia mensal (WA SOLAR, 2017).

$$Payback = \frac{Investimento}{Energia Gerada * Valor da Tarifa} [meses] \quad 23$$

Cálculo do Retorno de Investimento para Pagamento Financiado do Sistema

Para a maioria dos brasileiros, o investimento de caixa em sistemas fotovoltaicos pode ser um fator que os impede de adquirir, uma das alternativas é o financiamento bancário ou o empréstimo. O objetivo desta seção é apresentar o momento de considerar o retorno do investimento no financiamento de bancos privados.

Vários bancos privados brasileiros oferecem soluções de crédito para pessoas físicas e jurídicas. Segundo Gómez (2018), a taxa de juro do empréstimo do banco para aquisição de sistemas fotovoltaicos é de 0,99% ao mês, com até 36 prestações. Portanto, para este projeto, será considerado o financiamento do valor total, dividido em 36 vezes.

Metodologia

Esta pesquisa foi realizada por meio do método, que consiste em propor um esquema de implantação de sistema de geração de energia por células solares após análise de inúmeros estudos e consulta à agência reguladora ANEEL e a Celesc.

O estado de Santa Catarina é dividido em sete regiões, são elas Vale, Sul, Planalto, Capital, Leste, Norte e Oeste, neste trabalho representada pelas cidades Blumenau, Criciúma, Lages, São José, Itajaí, São Bento do Sul e Chapecó, respectivamente.

Resultados e discussão

A capacidade aproximada de energia gerada para cada cidade através da Equação 22, é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 – Capacidade de Geração para cada cidade

Item	Cidade	Capacidade (kWh/dia)
1.	Blumenau	1,86
2.	Criciúma	1,96
3.	Lages	1,97
4.	São José	1,94
5.	Itajaí	1,88
6.	São Bento do Sul	1,90
7.	Chapecó	2,15

Fonte: os autores

Considerando o percentual de perdas conforme Tabela 9, podemos chegar à eficiência do sistema fotovoltaico, como é mostrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Eficiência da geração de energia do sistema fotovoltaico

Cidade		Energia Produzida por Um Módulo (kWh/dia)	Potência Instalada (kW)	Geração Anual (kWh)
Blumenau	Sem Perdas	1,86	5,34	8.144,49
	Com Perdas	1,45	4,16	6.352,70
Criciúma	Sem Perdas	1,96	5,34	8.592,63
	Com Perdas	1,53	4,16	6.702,25
Lages	Sem Perdas	1,97	5,34	8.612,12
	Com Perdas	1,53	4,16	6.717,45
São José	Sem Perdas	1,94	5,34	8.475,73
	Com Perdas	1,51	4,16	6.611,07
Itajaí	Sem Perdas	1,88	5,34	8.241,91
	Com Perdas	1,47	4,16	6.428,69
São Bento do Sul	Sem Perdas	1,90	5,34	8.300,37
	Com Perdas	1,48	4,16	6.474,29
Chapecó	Sem Perdas	2,15	4,89	8.644,59
	Com Perdas	1,68	3,82	6.742,78

Fonte: os autores

Orçamentos

Estão demonstrados na Tabela 12 os orçamentos para instalação do sistema em cada cidade escolhida.

Tabela 12 – Orçamento do Sistema Fotovoltaico para cada cidade

Item	Cidade	Valor do Investimento
1.	Blumenau	R\$ 23.475,02
2.	Criciúma	R\$ 23.475,02
3.	Lages	R\$ 23.475,02
4.	São José	R\$ 23.475,02
5.	Itajaí	R\$ 23.475,02
6.	São Bento do Sul	R\$ 23.475,02
7.	Chapecó	R\$ 22.234,51

Fonte: os autores

Retorno de Investimento (Payback)

Os cálculos da economia do sistema foram realizados para cada cidade e serão demonstrados nas tabelas seguintes.

Tabela 13 – Desempenho do sistema fotovoltaico – Blumenau

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.352,70	0,76	R\$ 4.828,05	-R\$ 18.646,97
2º	6.273,29	0,84	R\$ 5.269,56	-R\$ 13.377,40
3º	6.194,88	0,92	R\$ 5.699,29	-R\$ 7.678,12
4º	6.117,44	1,01	R\$ 6.178,61	-R\$ 1.499,50
5º	6.040,97	1,11	R\$ 6.705,48	R\$ 5.205,97
6º	5.965,46	1,22	R\$ 7.277,86	R\$ 12.483,83
7º	5.890,89	1,35	R\$ 7.952,70	R\$ 20.436,54
8º	5.817,25	1,48	R\$ 8.609,54	R\$ 29.046,07
9º	5.744,54	1,63	R\$ 9.363,60	R\$ 38.409,67
10º	5.672,73	1,80	R\$ 10.210,92	R\$ 39.030,59
11º	5.601,82	2,00	R\$ 11.203,65	R\$ 50.234,24
12º	5.531,80	2,20	R\$ 12.169,96	R\$ 62.404,20
13º	5.462,65	2,40	R\$ 13.110,37	R\$ 75.514,56
14º	5.394,37	2,60	R\$ 14.025,36	R\$ 89.539,92
15º	5.326,94	2,90	R\$ 15.448,13	R\$ 104.988,05
16º	5.260,35	3,20	R\$ 16.833,13	R\$ 121.821,18
17º	5.194,60	3,50	R\$ 18.181,10	R\$ 140.002,28
18º	5.129,67	3,80	R\$ 19.492,73	R\$ 159.495,01
19º	5.065,55	4,20	R\$ 21.275,29	R\$ 180.770,30
20º	5.002,23	4,70	R\$ 23.510,46	R\$ 204.280,76
21º	4.939,70	5,10	R\$ 25.192,46	R\$ 229.473,23
22º	4.877,95	5,60	R\$ 27.316,53	R\$ 256.789,76
23º	4.816,98	6,20	R\$ 29.865,26	R\$ 286.655,02
24º	4.756,77	6,80	R\$ 32.346,01	R\$ 319.001,03
25º	4.697,31	7,50	R\$ 35.229,79	R\$ 354.230,82

Fonte: os autores

Tabela 14 – Desempenho do sistema fotovoltaico – Criciúma

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.702,25	0,76	R\$ 5.093,71	-R\$ 18.381,31
2º	6.618,47	0,84	R\$ 5.559,52	-R\$ 12.821,79
3º	6.535,74	0,92	R\$ 6.012,88	-R\$ 6.808,91
4º	6.454,04	1,01	R\$ 6.518,58	-R\$ 290,33
5º	6.373,37	1,11	R\$ 7.074,44	R\$ 6.784,11
6º	6.293,70	1,22	R\$ 7.678,32	R\$ 14.462,43
7º	6.215,03	1,35	R\$ 8.390,29	R\$ 22.852,72
8º	6.137,34	1,48	R\$ 9.083,27	R\$ 31.935,99
9º	6.060,63	1,63	R\$ 9.878,82	R\$ 41.814,81
10º	5.984,87	1,80	R\$ 10.772,76	R\$ 42.997,57
11º	5.910,06	2,00	R\$ 11.820,11	R\$ 54.817,68
12º	5.836,18	2,20	R\$ 12.839,60	R\$ 67.657,28
13º	5.763,23	2,40	R\$ 13.831,75	R\$ 81.489,03

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
14º	5.691,19	2,60	R\$ 14.797,09	R\$ 96.286,12
15º	5.620,05	2,90	R\$ 16.298,14	R\$ 112.584,26
16º	5.549,80	3,20	R\$ 17.759,35	R\$ 130.343,62
17º	5.480,43	3,50	R\$ 19.181,49	R\$ 149.525,11
18º	5.411,92	3,80	R\$ 20.565,30	R\$ 170.090,40
19º	5.344,27	4,20	R\$ 22.445,94	R\$ 192.536,34
20º	5.277,47	4,70	R\$ 24.804,10	R\$ 217.340,44
21º	5.211,50	5,10	R\$ 26.578,65	R\$ 243.919,09
22º	5.146,36	5,60	R\$ 28.819,59	R\$ 272.738,68
23º	5.082,03	6,20	R\$ 31.508,56	R\$ 304.247,25
24º	5.018,50	6,80	R\$ 34.125,81	R\$ 338.373,05
25º	4.955,77	7,50	R\$ 37.168,27	R\$ 375.541,33

Fonte: os autores

Tabela 15 – Desempenho do sistema fotovoltaico – Lages

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.717,45	0,76	R\$ 5.105,26	-R\$ 18.369,76
2º	6.633,48	0,84	R\$ 5.572,12	-R\$ 12.797,63
3º	6.550,56	0,92	R\$ 6.026,52	-R\$ 6.771,11
4º	6.468,68	1,01	R\$ 6.533,37	-R\$ 237,75
5º	6.387,82	1,11	R\$ 7.090,48	R\$ 6.852,74
6º	6.307,98	1,22	R\$ 7.695,73	R\$ 14.548,47
7º	6.229,13	1,35	R\$ 8.409,32	R\$ 22.957,79
8º	6.151,26	1,48	R\$ 9.103,87	R\$ 32.061,65
9º	6.074,37	1,63	R\$ 9.901,22	R\$ 41.962,88
10º	5.998,44	1,80	R\$ 10.797,19	R\$ 43.170,07
11º	5.923,46	2,00	R\$ 11.846,92	R\$ 55.016,99
12º	5.849,42	2,20	R\$ 12.868,72	R\$ 67.885,71
13º	5.776,30	2,40	R\$ 13.863,12	R\$ 81.748,83
14º	5.704,10	2,60	R\$ 14.830,65	R\$ 96.579,47
15º	5.632,79	2,90	R\$ 16.335,10	R\$ 112.914,58
16º	5.562,38	3,20	R\$ 17.799,63	R\$ 130.714,21
17º	5.492,85	3,50	R\$ 19.224,99	R\$ 149.939,20
18º	5.424,19	3,80	R\$ 20.611,94	R\$ 170.551,14
19º	5.356,39	4,20	R\$ 22.496,84	R\$ 193.047,98
20º	5.289,44	4,70	R\$ 24.860,35	R\$ 217.908,33
21º	5.223,32	5,10	R\$ 26.638,93	R\$ 244.547,26
22º	5.158,03	5,60	R\$ 28.884,95	R\$ 273.432,21
23º	5.093,55	6,20	R\$ 31.580,02	R\$ 305.012,24
24º	5.029,88	6,80	R\$ 34.203,20	R\$ 339.215,44
25º	4.967,01	7,50	R\$ 37.252,57	R\$ 376.468,00

Fonte: os autores

Tabela 16 – Desempenho do sistema fotovoltaico – São José.

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.611,07	0,76	R\$ 5.024,41	-R\$ 18.450,61
2º	6.528,43	0,84	R\$ 5.483,88	-R\$ 12.966,72
3º	6.446,83	0,92	R\$ 5.931,08	-R\$ 7.035,64
4º	6.366,24	1,01	R\$ 6.429,90	-R\$ 605,74
5º	6.286,66	1,11	R\$ 6.978,20	R\$ 6.372,46
6º	6.208,08	1,22	R\$ 7.573,86	R\$ 13.946,31
7º	6.130,48	1,35	R\$ 8.276,15	R\$ 22.222,46
8º	6.053,85	1,48	R\$ 8.959,69	R\$ 31.182,15
9º	5.978,17	1,63	R\$ 9.744,42	R\$ 40.926,58
10º	5.903,45	1,80	R\$ 10.626,21	R\$ 41.962,78
11º	5.829,65	2,00	R\$ 11.659,31	R\$ 53.622,09
12º	5.756,78	2,20	R\$ 12.664,92	R\$ 66.287,01
13º	5.684,82	2,40	R\$ 13.643,58	R\$ 79.930,59
14º	5.613,76	2,60	R\$ 14.595,79	R\$ 94.526,38
15º	5.543,59	2,90	R\$ 16.076,42	R\$ 110.602,79
16º	5.474,30	3,20	R\$ 17.517,75	R\$ 128.120,54
17º	5.405,87	3,50	R\$ 18.920,54	R\$ 147.041,08
18º	5.338,29	3,80	R\$ 20.285,52	R\$ 167.326,60
19º	5.271,57	4,20	R\$ 22.140,58	R\$ 189.467,17
20º	5.205,67	4,70	R\$ 24.466,65	R\$ 213.933,83
21º	5.140,60	5,10	R\$ 26.217,06	R\$ 240.150,89
22º	5.076,34	5,60	R\$ 28.427,52	R\$ 268.578,41
23º	5.012,89	6,20	R\$ 31.079,91	R\$ 299.658,32
24º	4.950,23	6,80	R\$ 33.661,55	R\$ 333.319,87
25º	4.888,35	7,50	R\$ 36.662,62	R\$ 369.982,49

Fonte: os autores

Tabela 17 – Desempenho do sistema fotovoltaico – Itajaí

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.428,69	0,76	R\$ 4.885,80	-R\$ 18.589,22
2º	6.348,33	0,84	R\$ 5.332,60	-R\$ 13.256,62
3º	6.268,98	0,92	R\$ 5.767,46	-R\$ 7.489,16
4º	6.190,62	1,01	R\$ 6.252,52	-R\$ 1.236,64
5º	6.113,23	1,11	R\$ 6.785,69	R\$ 5.549,05
6º	6.036,82	1,22	R\$ 7.364,92	R\$ 12.913,97
7º	5.961,36	1,35	R\$ 8.047,83	R\$ 20.961,80
8º	5.886,84	1,48	R\$ 8.712,52	R\$ 29.674,32
9º	5.813,25	1,63	R\$ 9.475,60	R\$ 39.149,93
10º	5.740,59	1,80	R\$ 10.333,06	R\$ 39.892,99
11º	5.668,83	2,00	R\$ 11.337,66	R\$ 51.230,65
12º	5.597,97	2,20	R\$ 12.315,54	R\$ 63.546,18
13º	5.528,00	2,40	R\$ 13.267,19	R\$ 76.813,37

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
14º	5.458,90	2,60	R\$ 14.193,13	R\$ 91.006,51
15º	5.390,66	2,90	R\$ 15.632,91	R\$ 106.639,42
16º	5.323,28	3,20	R\$ 17.034,49	R\$ 123.673,91
17º	5.256,74	3,50	R\$ 18.398,58	R\$ 142.072,48
18º	5.191,03	3,80	R\$ 19.725,90	R\$ 161.798,38
19º	5.126,14	4,20	R\$ 21.529,78	R\$ 183.328,16
20º	5.062,06	4,70	R\$ 23.791,69	R\$ 207.119,86
21º	4.998,79	5,10	R\$ 25.493,81	R\$ 232.613,67
22º	4.936,30	5,60	R\$ 27.643,29	R\$ 260.256,95
23º	4.874,60	6,20	R\$ 30.222,51	R\$ 290.479,46
24º	4.813,67	6,80	R\$ 32.732,92	R\$ 323.212,38
25º	4.753,49	7,50	R\$ 35.651,21	R\$ 358.863,59

Fonte: os autores

Tabela 18 – Desempenho do sistema fotovoltaico – São Bento do Sul

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.474,29	0,76	R\$ 4.920,46	-R\$ 18.554,56
2º	6.393,36	0,84	R\$ 5.370,42	-R\$ 13.184,14
3º	6.313,44	0,92	R\$ 5.808,37	-R\$ 7.375,77
4º	6.234,53	1,01	R\$ 6.296,87	-R\$ 1.078,90
5º	6.156,59	1,11	R\$ 6.833,82	R\$ 5.754,92
6º	6.079,64	1,22	R\$ 7.417,16	R\$ 13.172,08
7º	6.003,64	1,35	R\$ 8.104,92	R\$ 21.277,00
8º	5.928,60	1,48	R\$ 8.774,32	R\$ 30.051,32
9º	5.854,49	1,63	R\$ 9.542,82	R\$ 39.594,14
10º	5.781,31	1,80	R\$ 10.406,35	R\$ 40.410,49
11º	5.709,04	2,00	R\$ 11.418,08	R\$ 51.828,57
12º	5.637,68	2,20	R\$ 12.402,89	R\$ 64.231,47
13º	5.567,21	2,40	R\$ 13.361,30	R\$ 77.592,76
14º	5.497,62	2,60	R\$ 14.293,80	R\$ 91.886,57
15º	5.428,90	2,90	R\$ 15.743,80	R\$ 107.630,37
16º	5.361,04	3,20	R\$ 17.155,31	R\$ 124.785,69
17º	5.294,02	3,50	R\$ 18.529,08	R\$ 143.314,77
18º	5.227,85	3,80	R\$ 19.865,82	R\$ 163.180,59
19º	5.162,50	4,20	R\$ 21.682,50	R\$ 184.863,09
20º	5.097,97	4,70	R\$ 23.960,45	R\$ 208.823,54
21º	5.034,24	5,10	R\$ 25.674,64	R\$ 234.498,18
22º	4.971,32	5,60	R\$ 27.839,37	R\$ 262.337,55
23º	4.909,17	6,20	R\$ 30.436,88	R\$ 292.774,43
24º	4.847,81	6,80	R\$ 32.965,10	R\$ 325.739,53
25º	4.787,21	7,50	R\$ 35.904,09	R\$ 361.643,62

Fonte: os autores

Tabela 19 – Desempenho do sistema fotovoltaico – Chapecó

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.742,78	0,76	R\$ 5.124,51	-R\$ 17.110,00
2º	6.658,50	0,84	R\$ 5.593,14	-R\$ 11.516,86
3º	6.575,26	0,92	R\$ 6.049,24	-R\$ 5.467,62
4º	6.493,07	1,01	R\$ 6.558,00	R\$ 1.090,39
5º	6.411,91	1,11	R\$ 7.117,22	R\$ 8.207,61
6º	6.331,76	1,22	R\$ 7.724,75	R\$ 15.932,35
7º	6.252,61	1,35	R\$ 8.441,03	R\$ 24.373,38
8º	6.174,46	1,48	R\$ 9.138,20	R\$ 33.511,58
9º	6.097,28	1,63	R\$ 9.938,56	R\$ 43.450,14
10º	6.021,06	1,80	R\$ 10.837,91	R\$ 44.698,04
11º	5.945,80	2,00	R\$ 11.891,59	R\$ 56.589,64
12º	5.871,47	2,20	R\$ 12.917,24	R\$ 69.506,88
13º	5.798,08	2,40	R\$ 13.915,39	R\$ 83.422,27
14º	5.725,60	2,60	R\$ 14.886,57	R\$ 98.308,85
15º	5.654,03	2,90	R\$ 16.396,70	R\$ 114.705,54
16º	5.583,36	3,20	R\$ 17.866,75	R\$ 132.572,29
17º	5.513,57	3,50	R\$ 19.297,48	R\$ 151.869,78
18º	5.444,65	3,80	R\$ 20.689,66	R\$ 172.559,44
19º	5.376,59	4,20	R\$ 22.581,68	R\$ 195.141,11
20º	5.309,38	4,70	R\$ 24.954,10	R\$ 220.095,21
21º	5.243,01	5,10	R\$ 26.739,38	R\$ 246.834,58
22º	5.177,48	5,60	R\$ 28.993,87	R\$ 275.828,46
23º	5.112,76	6,20	R\$ 31.699,10	R\$ 307.527,56
24º	5.048,85	6,80	R\$ 34.332,17	R\$ 341.859,73
25º	4.985,74	7,50	R\$ 37.393,04	R\$ 379.252,77

Fonte: os autores

O retorno de investimento para cada cidade através da Equação 23, é apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 – Retorno de Investimento para cada cidade

Item	Cidade	Meses
8.	Blumenau	58
9.	Criciúma	55
10.	Lages	55
11.	São José	56
12.	Itajaí	58
13.	São Bento do Sul	57
14.	Chapecó	52

Fonte: os autores

Portanto, conforme tabela 20 o payback deste projeto se dará entre 52 e 58 meses, o equivalente a 4 anos e 4 meses à 4 anos e 10 meses.

Retorno de Investimento (*Payback*) para Pagamento Financiado do Sistema

Os cálculos da economia do sistema, considerando o financiamento bancário, foram realizados para cada cidade e serão demonstrados nas tabelas seguintes.

Tabela 21 – Desempenho do sistema fotovoltaico com financiamento – Blumenau

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.352,70	0,76	R\$ 4.828,05	-R\$ 8.829,88	-R\$ 21.661,59
2º	6.273,29	0,84	R\$ 5.269,56	-R\$ 8.829,88	-R\$ 25.221,90
3º	6.194,88	0,92	R\$ 5.699,29	-R\$ 8.829,88	-R\$ 28.352,50
4º	6.117,44	1,01	R\$ 6.178,61		-R\$ 22.173,88
5º	6.040,97	1,11	R\$ 6.705,48		-R\$ 15.468,41
6º	5.965,46	1,22	R\$ 7.277,86		-R\$ 8.190,55
7º	5.890,89	1,35	R\$ 7.952,70		-R\$ 237,84
8º	5.817,25	1,48	R\$ 8.609,54		R\$ 8.371,69
9º	5.744,54	1,63	R\$ 9.363,60		R\$ 17.735,29
10º	5.672,73	1,80	R\$ 10.210,92		R\$ 18.356,21

Fonte: os autores

Tabela 22 – Desempenho do sistema fotovoltaico com financiamento – Criciúma

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.702,25	0,76	R\$ 5.093,71	-R\$ 8.829,88	-R\$ 21.395,93
2º	6.618,47	0,84	R\$ 5.559,52	-R\$ 8.829,88	-R\$ 24.666,29
3º	6.535,74	0,92	R\$ 6.012,88	-R\$ 8.829,88	-R\$ 27.483,29
4º	6.454,04	1,01	R\$ 6.518,58		-R\$ 20.964,71
5º	6.373,37	1,11	R\$ 7.074,44		-R\$ 13.890,27
6º	6.293,70	1,22	R\$ 7.678,32		-R\$ 6.211,95
7º	6.215,03	1,35	R\$ 8.390,29		R\$ 2.178,34
8º	6.137,34	1,48	R\$ 9.083,27		R\$ 11.261,61
9º	6.060,63	1,63	R\$ 9.878,82		R\$ 21.140,43
10º	5.984,87	1,80	R\$ 10.772,76		R\$ 22.323,19

Fonte: os autores

Tabela 23 – Desempenho do sistema fotovoltaico com financiamento – Lages

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.717,45	0,76	R\$ 5.105,26	-R\$ 8.829,88	-R\$ 21.384,38
2º	6.633,48	0,84	R\$ 5.572,12	-R\$ 8.829,88	-R\$ 24.642,13

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
3º	6.550,56	0,92	R\$ 6.026,52	-R\$ 8.829,88	-R\$ 27.445,49
4º	6.468,68	1,01	R\$ 6.533,37		-R\$ 20.912,13
5º	6.387,82	1,11	R\$ 7.090,48		-R\$ 13.821,64
6º	6.307,98	1,22	R\$ 7.695,73		-R\$ 6.125,91
7º	6.229,13	1,35	R\$ 8.409,32		R\$ 2.283,41
8º	6.151,26	1,48	R\$ 9.103,87		R\$ 11.387,27
9º	6.074,37	1,63	R\$ 9.901,22		R\$ 21.288,50
10º	5.998,44	1,80	R\$ 10.797,19		R\$ 22.495,69

Fonte: os autores

Tabela 24 – Desempenho do sistema fotovoltaico com financiamento – São José

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.611,07	0,76	R\$ 5.024,41	-R\$ 8.829,88	-R\$ 21.465,23
2º	6.528,43	0,84	R\$ 5.483,88	-R\$ 8.829,88	-R\$ 24.811,22
3º	6.446,83	0,92	R\$ 5.931,08	-R\$ 8.829,88	-R\$ 27.710,02
4º	6.366,24	1,01	R\$ 6.429,90		-R\$ 21.280,12
5º	6.286,66	1,11	R\$ 6.978,20		-R\$ 14.301,92
6º	6.208,08	1,22	R\$ 7.573,86		-R\$ 6.728,07
7º	6.130,48	1,35	R\$ 8.276,15		R\$ 1.548,08
8º	6.053,85	1,48	R\$ 8.959,69		R\$ 10.507,77
9º	5.978,17	1,63	R\$ 9.744,42		R\$ 20.252,20
10º	5.903,45	1,80	R\$ 10.626,21		R\$ 21.288,40

Fonte: os autores

Tabela 25 – Desempenho do sistema fotovoltaico com financiamento – Itajaí

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.428,69	0,76	R\$ 4.885,80	-R\$ 8.829,88	-R\$ 21.603,84
2º	6.348,33	0,84	R\$ 5.332,60	-R\$ 8.829,88	-R\$ 25.101,12
3º	6.268,98	0,92	R\$ 5.767,46	-R\$ 8.829,88	-R\$ 28.163,54
4º	6.190,62	1,01	R\$ 6.252,52		-R\$ 21.911,02
5º	6.113,23	1,11	R\$ 6.785,69		-R\$ 15.125,33
6º	6.036,82	1,22	R\$ 7.364,92		-R\$ 7.760,41
7º	5.961,36	1,35	R\$ 8.047,83		R\$ 287,42
8º	5.886,84	1,48	R\$ 8.712,52		R\$ 8.999,94
9º	5.813,25	1,63	R\$ 9.475,60		R\$ 18.475,55
10º	5.740,59	1,80	R\$ 10.333,06		R\$ 19.218,61

Fonte: os autores

Tabela 26 – Desempenho do sistema fotovoltaico com financiamento – São Bento do Sul

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.474,29	0,76	R\$ 4.920,46	-R\$ 8.829,88	-R\$ 21.569,18
2º	6.393,36	0,84	R\$ 5.370,42	-R\$ 8.829,88	-R\$ 25.028,64
3º	6.313,44	0,92	R\$ 5.808,37	-R\$ 8.829,88	-R\$ 28.050,15
4º	6.234,53	1,01	R\$ 6.296,87		-R\$ 21.753,28
5º	6.156,59	1,11	R\$ 6.833,82		-R\$ 14.919,46
6º	6.079,64	1,22	R\$ 7.417,16		-R\$ 7.502,30
7º	6.003,64	1,35	R\$ 8.104,92		R\$ 602,62
8º	5.928,60	1,48	R\$ 8.774,32		R\$ 9.376,94
9º	5.854,49	1,63	R\$ 9.542,82		R\$ 18.919,76
10º	5.781,31	1,80	R\$ 10.406,35		R\$ 19.736,11

Fonte: os autores

Tabela 27 – Desempenho do sistema fotovoltaico com financiamento –Chapecó

Ano	Geração (kW/h)	Projeção do Preço do kWh (R\$)	Economia (R\$)	Pagamento do Empréstimo (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1º	6.742,78	0,76	R\$ 5.124,51	-R\$ 8.363,28	-R\$ 19.965,33
2º	6.658,50	0,84	R\$ 5.593,14	-R\$ 8.363,28	-R\$ 22.735,47
3º	6.575,26	0,92	R\$ 6.049,24	-R\$ 8.363,28	-R\$ 25.049,51
4º	6.493,07	1,01	R\$ 6.558,00		-R\$ 18.491,50
5º	6.411,91	1,11	R\$ 7.117,22		-R\$ 11.374,28
6º	6.331,76	1,22	R\$ 7.724,75		-R\$ 3.649,54
7º	6.252,61	1,35	R\$ 8.441,03		R\$ 4.791,49
8º	6.174,46	1,48	R\$ 9.138,20		R\$ 13.929,69
9º	6.097,28	1,63	R\$ 9.938,56		R\$ 23.868,25
10º	6.021,06	1,80	R\$ 10.837,91		R\$ 25.116,15

Fonte: os autores

Nota-se pelas tabelas que o retorno do investimento inicial se dá a partir do sétimo ao oitavo ano de operação do sistema, quando o fluxo de caixa começa a apresentar valor positivo. Quando comparado com o *payback* do pagamento do sistema fotovoltaico à vista, tem-se um adicional de mais 3 anos no tempo de retorno do investimento.

Viabilidade do projeto

Tendo em vista o retorno de investimento como um indicador importante no momento de aquisição de um sistema fotovoltaico, outro fator interessante a ser analisado é, também, a rentabilidade do projeto.

Para se calcular a taxa de retorno anual, basta verificar a proporção entre a economia obtida no primeiro ano e o investimento inicial do sistema (SOLAR, 2017), conforme Equação (24).

$$Rentabilidade = \frac{Economia\ Anual}{Investimento} \quad 24$$

Sendo assim, considerando-se a economia gerada no primeiro ano, pela Equação (24) tem-se:

Tabela 28 – Rentabilidade do Sistema Fotovoltaico para cada cidade.

Item	Cidade	Rentabilidade (%)
1.	Blumenau	20,57
2.	Criciúma	21,70
3.	Lages	21,75
4.	São José	21,40
5.	Itajaí	20,81
6.	São Bento do Sul	20,96
7.	Chapecó	23,05

Fonte: os autores

Comparando-se a rentabilidade do sistema fotovoltaico com os melhores investimentos, como, por exemplo, Ibovespa, tesouro IPCA + 2045 e dólar, chega-se à conclusão de que o projeto apresenta grande viabilidade de execução.

Considerações finais

A cada ano, a geração distribuída de energia fotovoltaica ganha mais espaço no Brasil. Em 2012, por meio da Resolução Normativa nº 482, a ANEEL estabeleceu o ponto de partida para um sistema conectado à rede. A ANEEL estima que até 2024, deve haver pelo menos 1,2 milhão de unidades com uma potência total instalada de 4,5 GW.

A pesquisa é baseada em uma revisão teórica sobre a conversão da energia solar em elétrica e os equipamentos utilizados no processo. Outro aspecto importante desta pesquisa são os atuais padrões brasileiros, que determinam os pré-requisitos de projeto exigidos pela Celesc para permitir que pequenos geradores sejam conectados à rede de distribuição.

O objetivo inicial era projetar o tamanho do sistema fotovoltaico residencial para gerar eletricidade a partir de fontes alternativas de energia e atender às necessidades energéticas dos moradores em alguns determinados horários do dia, foi proposto neste trabalho todos os detalhes desse projeto de engenharia. Diante dos cálculos de dimensionamento, investimento e taxa de retorno do sistema, chegou-se à conclusão de que a execução do projeto é viável devido a sua rentabilidade.

Com um investimento inicial de R\$ 23.475,02 para aquisição dos módulos fotovoltaicos e acessórios do sistema, incluso mão de obra, a potência total instalada será de 5,34 kWh distribuídas em 12 módulos. A capacidade de geração anual, no primeiro ano, será em média de 6.575,61 kWh (considerando as perdas) resultando em uma economia inicial em média de R\$ 4.997,46.

Considerando o pagamento à vista do sistema, o retorno do investimento é de aproximadamente 4,5 anos, o que está em linha com os padrões esperados de sistemas solares residenciais. Por outro lado, ao considerar o financiamento bancário para aquisição de sistemas de energia solar, o retorno do investimento aumentou para cerca de 7,5 anos.

A região que apresentou o melhor retorno de investimento foi a Oeste, representada nesse trabalho pela cidade de Chapecó, onde apresentou um retorno de investimento em 52 meses, com uma capacidade de geração anual de 6.742,78 kWh, com uma economia inicial de R\$ 5.124,51, resultando em uma rentabilidade do Sistema Fotovoltaico de 23,05%.

Fatores que podem aumentar a taxa de retorno sobre o capital de investimento incluem o aumento da eficiência dos módulos fotovoltaicos e inversores, e a redução dos custos desses equipamentos no mercado nacional. A formulação de incentivos fiscais para o mercado solar certamente terá um impacto positivo no desenvolvimento da indústria.

Portanto, tendo em vista a atual situação energética do país, investir em sistemas fotovoltaicos conectados à rede tornou-se uma opção muito viável. Além disso, a microgeração distribuída de energia tem se desenvolvido rapidamente nos últimos anos, o que é um cenário favorável para tais sistemas.

Embora o período de retorno do investimento financeiro possa ser considerado muito longo, a contribuição para o meio ambiente e a sociedade torna os sistemas fotovoltaicos muito atrativos, pois podem gerar eletricidade consumida sem gerar ou consumir resíduos ou poluir os gases do efeito estufa e do aquecimento global.

Nos países desenvolvidos, já é possível obter receita com a venda de energia sobressalente ou aluguel de telhados para empresas de geração de energia, pode-se simular esta situação no Brasil e verificar os benefícios obtidos.

Referências

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Brasília: Aneel, 24 nov. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2021.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. 2. ed. Brasília: Aneel, 25 mar. 2014. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2021.

GÓMEZ, N. **Quer produzir energia solar em casa, mas falta dinheiro? Bancos financiam**. 2018. Disponível em: <http://bit.ly/407SWUB>. Acesso em: 12 out. 2021.

CRESESB. **Cresesb**, 2018. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Potencial Solar – SunData v 3.0. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 2 fev. 2023.

G1. **Conta de luz deve ficar mais cara em SC após reajuste de 5,65%**. 2021. Disponível em: <http://bit.ly/3TedGYu>. Acesso em: 7 set. 2021.

MAPS. **Google Maps**, 2021. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 7 set. 2021.

MESSENGER, R. A.; VENTRE, J. **Photovoltaic Systems Engineering**. 3. ed. New York: Crc Press, 2010.

MIRANDA, A. B. C. M. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**. 2014. 98 f. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ND+. **Aumento na conta de energia elétrica em SC preocupa consumidores.** 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3YPiVX>. Acesso em: 7 set. 2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (org). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: Cepel/Cresesb, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 7 set. 2021.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil.** Florianópolis: UFSC / Labsolar, 2004.

SANTOS, L. P. dos; JÚNIOR, R. H. P.; SANTOS, V. C. L. **Geração Distribuída: Sistema de cogeração fotovoltaico conectado à rede elétrica de baixa tensão .** Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_9.pdf. Acesso em: 14 mar. 2021.

WA SOLAR. **Wa solar**, 2017. Tempo de retorno do investimento em energia solar. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3Ta0aFl>. Acesso em: 12 out. 2021.

ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO DA PERICULOSIDADE NO SETOR DE VIGILÂNCIA PATRIMONIAL

Characterization analysis of hazardousness in the heritage surveillance sector

Carlos Alberto dos Santos Junior¹

Josenilton de Souza Paes Landim¹

Marly de Jesus Teles¹

Sidnei Alberto de Souza do Prado¹

Bruna Cristina Ramos Faustino²

Resumo: A vigilância patrimonial abrange diversas atividades de segurança privada que podem ser exercidas dentro de estabelecimentos sejam eles públicos ou privados, e tem como finalidade garantir a salvaguarda física das pessoas e a integridade do patrimônio. O estudo tem como objetivo realizar uma caracterização para fins didáticos e de assistência técnica da Periculosidade em uma empresa de vigilância patrimonial que presta serviços em um condomínio de grande porte, com foco na função de vigilante sob a exposição ao risco de acidentes e violência física. A presente pesquisa realiza uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, com um estudo exploratório, visando avaliar se a função de vigilante de um condomínio de grande porte tem ou não direito ao adicional de periculosidade previsto na legislação brasileira da norma regulamentadora NR16. O estudo verificou que o vigilante sofre constantemente com o medo e o estresse para manter a segurança dos condôminos, realiza rondas pelas dependências do condomínio para evitar roubos, atos de violência e outras infrações à ordem e a segurança. Portanto, o profissional registrado na função de vigilante, que realiza a segurança patrimonial e atividades ou operações que os expõem a roubos e violência física, tem direito a receber o adicional de 30% de periculosidade sobre o salário base.

Palavras-chave: Vigilância Patrimonial. Vigilante. Periculosidade.

Abstract: Heritage surveillance covers several private security activities that can be carried out within public or private establishments and aim to guarantee people's physical safeguard and the property's integrity. The study aims to carry out a characterization for didactic and technical assistance purposes of Dangerousness in a property surveillance company that provides services in a large condominium, focusing on the role of security guard under exposure to the risk of accidents and physical violence. The research carries out a bibliographical review with a qualitative approach, with an exploratory study aimed at evaluating whether or not the role of a security guard in a large condominium has the right to the additional dangerous work provided for in the Brazilian legislation of the regulatory standard NR16. The study found that the security guard constantly suffers from fear and stress to maintain the safety of the tenants and performs rounds through the condominium premises to prevent robberies, acts of violence, and other violations of order and security. Therefore, the professional registered as a security guard who performs property security and is exposed to activities or operations that expose them to theft and physical violence is entitled to receive an additional 30% for dangerous work on top of the base salary.

Keywords: Asset Surveillance. Vigilant. Dangerousness.

Introdução

Vigilância patrimonial é definida conforme o Art. 1º; § 3º da Portaria nº 3.233 (2012) da Polícia Federal, dentro da categoria de uma atividade de segurança privada. A atividade é caracterizada e pode ser exercida dentro de estabelecimentos em eventos sociais, públicos ou

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI – Rodovia BR 470 - Km 71 - no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniasselvi.com.br.

² Mestre em Eng. Ambiental, Eng. de Segurança do Trabalho, Ergonomista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Professor tutor externo do Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI – Rodovia BR 470 – Km 71 – no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniasselvi.com.br.

privados, urbanos ou rurais, que tem por finalidade garantir a integridade do patrimônio e a salvaguarda física das pessoas (BRASIL, 2012).

De acordo com NR16, anexo 3, item 1 (2019), são consideradas perigosas ou periculosas as atividades ou operações que causem ou impliquem em exposição dos profissionais de segurança patrimonial ou pessoal a roubos ou demais espécies de violência física. De acordo com item 2 da NR16 (2019, p.11) são considerados profissionais de segurança patrimonial ou pessoal os trabalhadores que atendam e apresentem a uma das condições apresentadas a seguir:

- a) Empregados das empresas prestadoras de serviço nas atividades de segurança privada ou que integrem serviço orgânico de segurança privada, devidamente registradas e autorizadas pelo Ministério da Justiça, conforme lei 7102/1983 e suas alterações posteriores.
- b) empregados que exercem a atividade de segurança patrimonial ou pessoal em instalações metroviárias, ferroviárias, portuárias, rodoviárias, aeroportuárias e de bens públicos, contratados diretamente pela administração pública direta ou indireta.

De acordo com a NR16, anexo 3, item 3, as atividades ou operações em que ocorrem exposições dos empregados a roubos ou demais espécies de violência física, são as apresentadas no Quadro 1, desde que seja atendida pelo menos uma dessas condições (BRASIL, 2019).

Quadro 1 – Atividades ou operações perigosas

ATIVIDADES OU OPERAÇÕES	DESCRIÇÃO
Vigilância patrimonial	Segurança patrimonial e/ou pessoal na preservação do patrimônio em estabelecimentos públicos ou privados e da incolumidade física de pessoas.
Segurança de eventos	Segurança patrimonial e/ou pessoal em espaços públicos ou privados, de uso comum do povo.
Segurança nos transportes coletivos	Segurança patrimonial e/ou pessoal nos transportes coletivos e em suas respectivas instalações.
Segurança ambiental e florestal	Segurança patrimonial e/ou pessoal em áreas de conservação de fauna, flora natural e de reflorestamento.
Transporte de valores	Segurança na execução do serviço de transporte de valores.
Escolta armada	Segurança no acompanhamento de qualquer tipo de carga ou de valores.
Segurança pessoal	Acompanhamento e proteção da integridade física de pessoa ou de grupos.
Supervisão/fiscalização Operacional	Supervisão e/ou fiscalização direta dos locais de trabalho para acompanhamento e orientação dos vigilantes.
Telemonitoramento/telecontrole	Execução de controle e/ou monitoramento de locais, através de sistemas eletrônicos de segurança.

Fonte: Brasil (2019, p.13)

A vigilância patrimonial abrange diversas atividades de segurança privada que podem ser exercidas dentro de estabelecimentos sejam eles públicos ou privados, e tem como finalidade garantir a salvaguarda física das pessoas e a integridade do patrimônio. Desse modo, o segmento da vigilância patrimonial abrange diversas funções e atividades, entre elas a de vigi-

lante, que apresenta diversos riscos ocupacionais para garantir a segurança do seu ambiente de trabalho. Agressões e roubos podem levar ao óbito do trabalhador durante a execução das suas atividades laborais.

O vigilante é uma função regulamentada pela Lei 7.102/1983 e que deve seguir a Portaria nº 3.233/2012 – DG/DPF. Além disso, deve ter o curso de vigilante realizado em estabelecimento autorizado nos termos da lei, ter sido aprovado em exame de saúde física, mental e psicotécnico. Ademais, a Portaria supracitada nº 3.233 (2012) menciona, ainda, sobre a obrigatoriedade de o vigilante utilizar a Carteira Nacional de Vigilante (CNV) durante o expediente de trabalho e uniforme entre outras condicionantes como o porte de arma, quando em efetivo exercício (BRASIL, 2012; BRASIL, 1983).

Para NR16, item 16.2, “o exercício de trabalho em condições de periculosidade assegura ao trabalhador a percepção de adicional de 30% (trinta por cento) incidente sobre o salário, sem os acréscimos resultantes de gratificações, prêmios ou participação nos lucros da empresa” (BRASIL, 2019, p.1).

De acordo com Barbosa (2011), a segurança patrimonial é um ponto inicial para as demais modalidades de segurança privada, e busca a interligação destas para evitar perdas e prejuízos para uma organização. No Brasil a segurança patrimonial tem evoluído nos últimos 20 anos, devido a ocorrências, como furto e agressões, se tornarem comuns no dia a dia da sociedade. Entretanto, segundo Soares (2007), uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos profissionais de segurança é convencer o empresário que o emprego do dinheiro em segurança representa um investimento e não um gasto.

Desse modo, essa caracterização se torna importante devido à avaliação do adicional de periculosidade do vigilante no caso de uma assistência técnica para avaliação do direito trabalhista. O estudo tem como objetivo realizar uma caracterização para fins didáticos e de assistência técnica da Periculosidade em uma empresa de vigilância patrimonial que presta serviços em um condomínio de grande porte, com foco na função de vigilante sob a exposição ao risco de acidentes e violência física.

Metodologia

A presente pesquisa realiza uma revisão bibliográfica utilizando-se de normas regulamentadoras, artigos e dissertações com abordagem qualitativa e um estudo exploratório, visando avaliar se a função de vigilante de um condomínio de grande porte tem ou não direito ao adicional de periculosidade previsto na norma regulamentadora NR16, anexo 3. Será realizado ainda um estudo de caso avaliando a atividade de inspeção de um condomínio.

A Figura 1 será utilizada para análise, onde é apresentado um vigilante em seu local de trabalho e que está sujeito a condições perigosas, com risco de violência e roubos, que causem prejuízos à saúde física e psicológica do trabalhador.

Figura 1– segurança realizando inspeção em condomínio



Fonte: os autores

Resultados e discussão

O estudo verificou que o vigilante sofre constantemente com o medo e o estresse para manter a segurança dos condôminos, realiza rondas pelas dependências do condomínio para evitar roubos, atos de violência e outras infrações à ordem e à segurança.

O vigilante é uma função regulamentada pela Lei 7.102/83 que deve seguir a portaria nº 3.233/2012 – DG/DPF, ter o curso de vigilante realizado em estabelecimento autorizado nos termos da lei, ter sido aprovado em exame de saúde física, mental e psicotécnico, portar a Carteira Nacional de Vigilante (CNV) durante o expediente e uniforme, entre outras condicionantes como o porte de arma, quando em efetivo exercício.

Além disso, o trabalhador deve utilizar alguns Equipamentos de Proteção Individual (EPI) como botas e colete à prova de balas que é de uso permitido para vigilantes que portem arma de fogo durante o trabalho, para proteção do tronco contra riscos de origem mecânica. Entretanto, esses EPI não eliminam a periculosidade.

Considerações finais

Concluiu-se que o profissional registrado na função de vigilante que realiza a segurança pessoal e a preservação de patrimônio privado e que realiza atividades ou operações que os expõem a roubos ou outras espécies de violência física tem direito ao adicional de 30% de periculosidade sobre o salário base.

Essa análise da caracterização da periculosidade ocorre devido à atividade realizada constar na NR16, anexo 3, e a função de vigilante ser regulamentada pela Lei 7.102/83 e 3.233/2012 - DG/DPF.

Referências

BARBOSA, J. **Princípios da Segurança Privada**. São Paulo: Globus, 2011.

BRASIL. **Lei nº 7.102, de 20 de junho de 1983**. Dispõe sobre segurança para estabelecimentos financeiros, estabelece normas para constituição e funcionamento das empresas particulares que exploram serviços de vigilância e de transporte de valores, e dá outras providências. Brasília, DF: Casa Civil, 1983.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 16 – Atividades e operações perigosas**. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Previdência, 2019.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Portaria nº 3.233, de 10 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre as normas relacionadas às atividades de Segurança Privada. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.

PORTELA, P. R. A. **Gestão de Segurança – História, prevenção e sistemas de proteção**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Estácio de Sá, 2005.

SOARES, P. **Segurança Patrimonial para empresas**. Gestão Empresarial: Viçosa: CPT, 2007.

AUTOMAÇÃO NA ESTEIRA DE SELEÇÃO DE RESÍDUOS EM USINA DE TRIAGEM: PROTÓTIPO DE ROMPEDOR DE SACOLAS PLÁSTICAS

Automation on the waste selection belt in a screening plant: plastic bag breaker prototype

Elias Klaus Lieskow¹
Giovanni Gueler Dalvi¹

Resumo: Este trabalho trata sobre usinas de triagem e como a tecnologia pode ser uma aliada no processo de separação e reciclagem de resíduos sólidos, que são um problema humanitário que ultrapassa fronteiras; pois a poluição que a humanidade gera atualmente com a grande quantidade de resíduos afetará ainda mais as próximas gerações de toda a terra. Dessa forma, o trabalho consiste em projetar uma solução para abertura de sacolas plásticas na usina de triagem que funcione de forma autônoma e segura, em que trabalhadores não corram riscos com a exposição desnecessária com os resíduos que podem ser perigosos e cortantes, ou até mesmo contaminados. Com a implementação do rompedor de sacolas plásticas, um volume maior de lixo poderá ser separado na usina, aumentando a eficiência e a produtividade além de diminuir os diversos perigos de contaminação que os trabalhadores do ramo estão expostos.

Palavras-Chave: Reciclagem. Automação. Rompedor de sacolas. Sustentabilidade.

Abstract: This work deals with sorting plants and how technology can be allied in the process of separating and recycling solid waste, which is a humanitarian problem that goes beyond borders; because the pollution that humanity currently generates with the large amount of waste will affect even more the next generations of the entire earth. In this way, the work consists of designing a solution for opening plastic bags in the sorting plant that works autonomously and safely, in which workers do not run risks with unnecessary exposure to waste that can be dangerous and sharp, or even contaminated. With the implementation of the plastic bag breaker, a greater volume of garbage will be able to be separated at the plant, increasing efficiency and productivity, in addition to reducing the various dangers of contamination that workers in the field are exposed to.

Keywords: Recycling. Automation. Bag breaker. Sustainability.

Introdução

O problema da grande quantidade de resíduos que a sociedade gera é de conhecimento de grande parte da população, mas as formas de investimento em tecnologia que podem auxiliar na reciclagem e na separação do lixo ainda são informações que pequenas parcelas da população possuem acesso.

Um agravante da situação de resíduos sólidos é o aumento anual da quantidade de lixo produzida no Brasil e no mundo. De acordo com o Panorama ABRELPE (2019, p.13), em 2018, foram gerados 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no Brasil, isso significa quase 1% de aumento em relação a 2017.

Com o aumento anual dos resíduos, a preocupação com a reciclagem deve ser cada vez maior, mas isso não é apenas um problema ecológico, mas também uma oportunidade de empreendimento, segundo Fonseca (2013, p. 2), “no processo de reciclagem, que além de preservar o meio ambiente também gera riquezas”. E isso pode ser feito de forma economicamente viável e interessante, com o aumento de lixo que pode ser reciclado, e se tornar um recurso valioso para um setor que tem grande potencial de crescimento: Usinas de Triagem.

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI – Rodovia BR 470 - Km 71 - no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniasselvi.com.br

Essas Usinas têm grande impacto positivo tanto econômico quanto ambiental, mas por outro lado quando uma usina de triagem não possui em seu processo uma automatização para separação do lixo, os trabalhadores acabam sendo expostos aos riscos do manuseio de materiais diversos que muitas vezes são descartados de forma inadequada para a coleta seletiva e os trabalhadores do ramo ocasionalmente acabam sendo encaminhados ao hospital por cortes e perfurações de materiais que possivelmente podem estar contaminados com diversas doenças.

Além disso, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio (ABRALATAS, 2019, p. 38), em 2017, quase 7 milhões de toneladas de resíduos sólidos não foram coletados, e 29 milhões de toneladas de resíduos sólidos foram despejados em locais inadequados como os lixões a céu aberto. Isso significa que mesmo que este setor tenha grande potencial de crescimento, ele ainda é pouco explorado, pois resíduos são desprezados e entulhados em lixões por todo Brasil, mesmo que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tenha planejado que esses lixões a céu aberto deveriam ter sido extintos em 2014 no Brasil, de acordo com o Art. 15º da Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010.

Como o volume de resíduos aumenta anualmente, a automação pode auxiliar muito neste setor, pois com a automação bem implementada, o contato humano com resíduos é menor, diminuindo a probabilidade de contágio de doenças e ferimentos com agulhas e outros materiais extremamente perigosos para os trabalhadores do ramo. Além disso, a capacidade de reciclagem pode aumentar se houver investimento em automação, que poderá tornar o processo mais eficiente, sendo de interesse de toda a sociedade preocupada com o futuro.

Desse modo, este trabalho apresenta uma melhoria no processo de seleção de resíduos em uma esteira já existente na Usina de triagem do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) de Pomerode. Um abridor de sacos automático que tornará o processo mais eficiente e seguro, pois atualmente funcionários do local precisam ser alocados para abrir sacos repetidamente, sujeitos a todo tipo de resíduos e perigos de contágio.

O objetivo deste artigo é desenvolver um sistema de rompedor de sacolas plásticas capaz de atuar de forma automática em uma Usina de triagem em conjunto com uma esteira para separação dos materiais.

Conceito de Lixo

Lixo é todo e qualquer resíduo sólido resultante das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresenta-se sob estado sólido, semissólido ou semilíquido com conteúdo líquido insuficiente para que este possa fluir livremente (ABNT, 2004).

No livro *A história do lixo do Doutor em Educação*, Emílio Maciel Eigenheer (2009, p.15-144) é explicado que:

Fazer a distinção entre o lixo que decorre de nossas atividades e dejetos que são produto de nosso metabolismo é importante para o entendimento das questões a serem tratadas. É preciso ter presente que somente a partir da segunda metade do século XIX se passa a distinguir claramente entre lixo (resíduos sólidos) e águas servidas (fezes, urina etc.), quando estas passam a ser coletadas separadamente através do esgotamento sanitário.

Eingenheer (2009) diz que antes disto o termo imundice era usado para ambos os tipos de resíduos e além disto, até corpos humanos eram considerados imundice. Diz também:

Com base em estudos arqueológicos, hoje é possível afirmar que na pré-história já se queimava lixo, supostamente para eliminar o mau cheiro, e se segregavam cinzas e ossos em locais pré-determinados. Isto indicaria que desde tempos bastante remotos

há dificuldade em se conviver com restos que cheiram mal. Cabe lembrar que o cheiro é um dos principais indicadores de perigo alimentar, do que se deve ou não ingerir.

Conceito de Reciclagem

Reciclagem é um tema que está fortemente relacionado a resíduos sólidos que não seriam aproveitados, porém podem ser transformados para novos usos. A palavra reciclagem é de origem inglesa (“*recycle*”) em que “re” significa repetir e “ciclagem” indica um ciclo. Vasconcelos afirma que em alguns casos pode ser um ciclo infinito:

Reciclar é tornar a usar o que já foi usado – até, em alguns casos, infinitas vezes. Assim, não é preciso tirar da natureza, novamente, aquilo que ela já nos deu. Reciclar é combater o desperdício. É garantir o futuro, copiando a sabedoria da própria natureza (CMRR, 2008, p.5 *apud* VASCONCELOS, 2019, p.16).

De acordo com Grippi (2001 *apud* LOMASSO *et al.* 2015, p. 4) reciclagem também pode ser definida como:

A reciclagem é o resultado de uma série de atividades, por meio das quais materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são desviados, separados e processados para serem utilizados como matéria-prima na manufatura de novos produtos, feitos anteriormente apenas com matéria-prima virgem.

Resíduos sólidos do Brasil

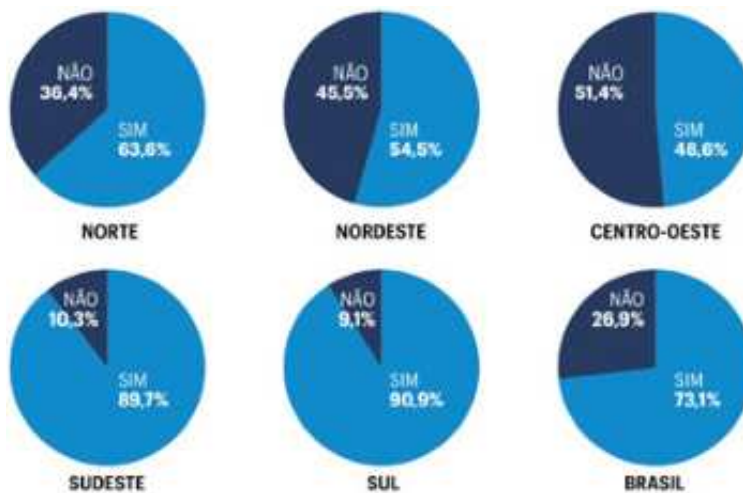
Segundo o panorama anual (2018-2019) da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2019), 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos foram gerados em 2018 no Brasil, isso significa que naquele ano a média anual de resíduos que cada brasileiro gerou foi de 380 kg. Também levanta dados sobre as regiões brasileiras, onde o sul do país coletou cerca de um pouco mais de 10% do montante de resíduos sólidos no Brasil em 2018, mesmo que pareça pouco, no mesmo estudo, mostra também que a Região Sul é a região brasileira com maior quantidade proporcional de municípios com iniciativas de coleta seletiva de resíduos, conforme a Figura 1 a seguir.

Prioridade no gerenciamento de resíduos

No plano nacional de resíduos sólidos há uma sequência de prioridade no gerenciamento de resíduos, isto é: quais ações a serem tomadas são mais importantes e que causam maior impacto positivo com relação ao gerenciamento de resíduos.

O anuário da Associação de catadores de lixo de 2017/2018 demonstra pela Figura 2 a sequência de prioridade de tratamento de resíduos que provêm da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e simplifica que a melhor forma de tratar os resíduos é, primeiramente, não gerar esses resíduos, quando não é possível, então deve-se reduzir. Se não for possível reduzir, é necessário optar por reutilizar, e caso não seja possível, o caminho é reciclar (ANCAT, 2020).

Figura 1– Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil



Fonte: Abrelpe (2019, p. 15)

Figura 2 – Prioridade no gerenciamento de resíduos



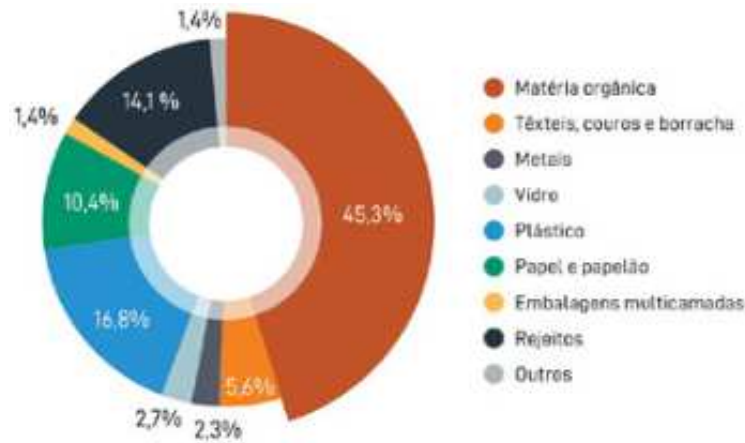
Fonte: Ancat (2020, p. 3)

Geração de resíduos sólidos no Brasil

Para projetar soluções na área de reciclagem, é preciso compreender o real cenário de resíduos sólidos no Brasil, da mesma forma também é necessário saber quantos resíduos são gerados e qual são os tipos de resíduos. Segundo o Panorama Abrelpe (2020, p. 38), anualmente, cada brasileiro, em média, descarta 170 quilogramas de matéria orgânica, e o Brasil é responsável pelo descarte de 13,35 milhões de toneladas de material plástico, só em 2020.

Esses e outros materiais fazem parte de todo o montante de resíduos sólidos descartados no Brasil onde quase a metade desses resíduos descartados são orgânicos, conforme a Figura 3:

Figura 3 – Percentual de tipos de resíduos sólidos descartados

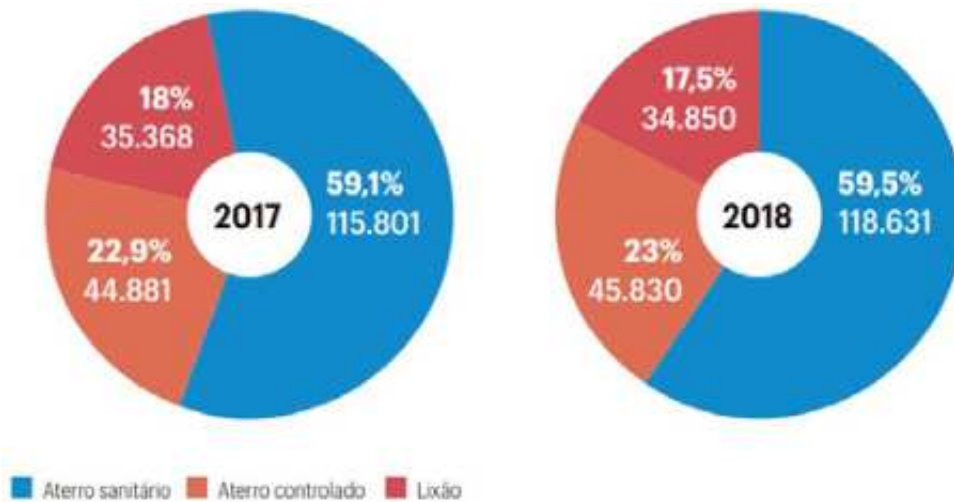


Fonte: adaptada de Abrelpe (2020, p. 39)

Disposição final de resíduos sólidos urbanos

Segundo o Panorama Abrelpe (2019, p. 16), do montante total de resíduos coletados no Brasil em 2018, mais da metade tiveram disposição final adequada e foram encaminhadas para aterros sanitários. O estudo ressalta que unidades inadequadas como lixões e aterros controlados ainda têm grande participação na disposição final, trazendo elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos, como é possível observar na Figura 4:

Figura 4 – Tipos de destinação final de resíduos



Fonte: Abrelpe (2019, p. 16)

Os três tipos de destinação final são diferentes em relação ao seu custo, formato e impacto ambiental:

- No lixão, os resíduos sólidos são depositados a céu aberto, gerando grandes impactos ambientais, porém é a destinação final de resíduos mais barata a ser implementada, pois os custos de projeto e execução são mínimos.

- No aterro controlado o solo recebe uma cobertura, e isso traz impactos ambientais medianos, mas a implementação requer mais investimentos do que lixões, porém não é a solução mais adequada para disposição final de resíduos sólidos.
- No aterro sanitário, o solo é impermeabilizado, também há coleta e tratamento de chorume e gases, mantas de proteção ao solo, recobrimento dos resíduos e posterior paisagismo da área utilizada. Para construir essa destinação final é necessário maior investimento do que nos outros dois tipos. Contudo, no aterro sanitário, o impacto ambiental é reduzido, tornando este tipo de destinação mais adequada.

Principais tipos de resíduos coletados

O relatório anual da Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT, 2020) de 2017 e 2018 subdividiu os materiais coletados no Brasil, neste período, em seis tipos, que possuem importância e relevância pelo seu valor de reciclagem ou pela quantidade desse resíduo encontrada, conforme Figura 5:

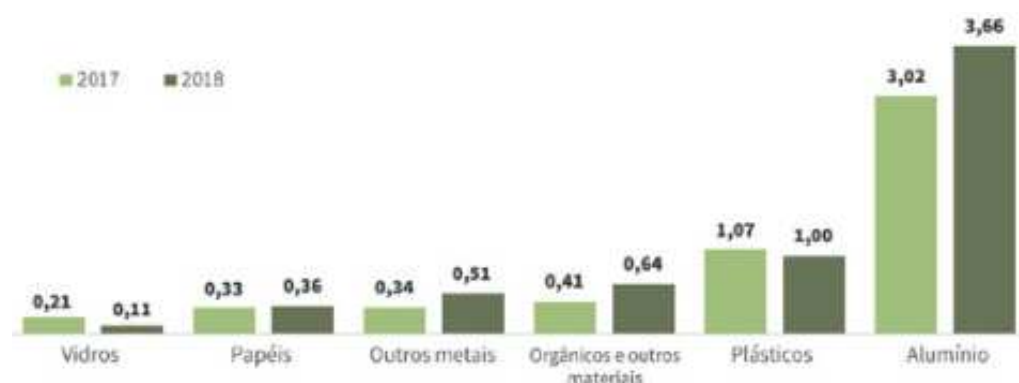
Figura 5 – Tipos de resíduos coletados



Fonte: Anuário da reciclagem Ancat – 2017-2018 (2020)

Segundo a Ancat, o material com maior volume coletado foi o papel, totalizando aproximadamente 96 mil toneladas nos anos 2017 e 2018, representando 64% do total coletado. Entretanto, o valor de cada material diverge, então outros materiais pouco coletados podem representar mais dinheiro para os centros de reciclagem e cooperativas.

Figura 6 – Valor em reais do quilograma de cada material reciclado

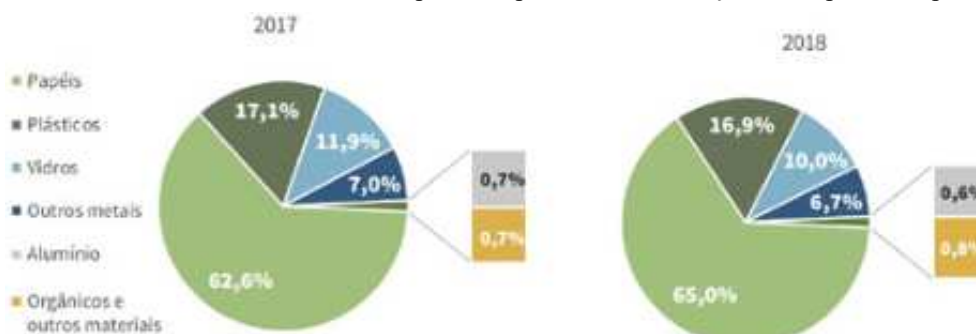


Fonte: Anuário da reciclagem Ancat – 2017-2018 (2020)

Mesmo que o papel tenha grande porcentagem na coleta de materiais, o seu preço por quilograma não é tão agregado. Por outro lado, o Alumínio é um material que tem bom preço de mercado, porém na Figura 7 é possível verificar que a porcentagem desse material na coleta de resíduos é muito inferior comparado a outros tipos de materiais.

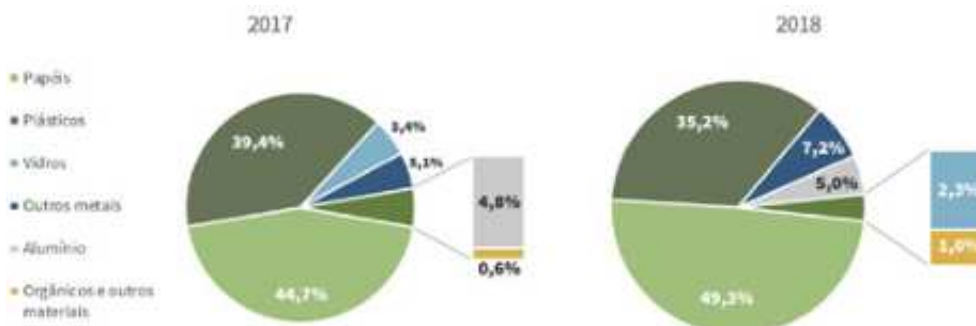
Os dados dos gráficos das Figuras 6 e 7 corroboram para os dados na Figura 8, de acordo com o relatório anual da Ancat (2020, p. 26), em que a maior parte do rendimento do setor de reciclagem no Brasil vem do papel e do plástico, pelo fato de o volume coletado ser muito maior que outros tipos de materiais; porém catadores que trabalham de forma autônoma tendem a preferir coletar materiais com maior valor individual, como o alumínio.

Figura 7 – Percentual de material coletado pelas cooperativas e associações acompanhadas pela Ancat



Fonte: Anuário da reciclagem Ancat 2017-2018 (2020)

Figura 8 – Distribuição do faturamento das cooperativas e associações acompanhadas pela ANCAT



Fonte: Anuário da reciclagem Ancat – 2017-2018 (2020)

Aplicação da automação na reciclagem

A automação tem papel fundamental em diversas áreas de tecnologia e ciências, e na reciclagem de resíduos cada vez mais a automação faz parte do processo, seja para selecionar e diferenciar matérias em série, ou até mesmo para a reciclagem de lixo eletrônico onde a tecnologia é necessária para separar a pequena quantidade de materiais valiosos que fazem parte de placas eletrônicas de diversos aparelhos como computadores e celulares que não devem ser descartados erroneamente, pois fazem parte da classe I de resíduos, conforme a Norma Brasileira (NBR) 1004, definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), que define as classes de resíduos como:

-
- Resíduos Classe I – Perigosos: resíduo que apresenta alguma característica física, química ou contagiosa (inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade) que possa causar riscos à saúde pública e ao meio ambiente.
 - Resíduos Classe II A – Não Inertes: resíduo que não é considerado perigoso nem inerte, que pode apresentar biodegradabilidade, solubilidade em água e combustibilidade. Alguns exemplos de resíduos desta classe são: matéria orgânica vegetal, papéis e plásticos.
 - Resíduos Classe II B – Inertes: resíduo que não apresenta solubilidade em água e não é considerado perigoso. Alguns resíduos desta classe são vidros e tijolos.

A automação não está presente na área de reciclagem para retirar empregos ou algo nesse sentido, muito pelo contrário, com o investimento em automação muitos empregos que nem existiam poderão ser criados em usinas de triagem, e, da mesma forma, em atividades que possam ser de risco para o trabalhador, seja por contaminação ou movimento repetitivo, a automação pode auxiliar os trabalhadores do ramo para que os impactos na saúde deles sejam minimizados.

História da automação

A humanidade presenciou três revoluções industriais, e estamos entrando na quarta revolução industrial, ou indústria 4.0, onde a automação tem papel fundamental e decisivo.

A Primeira Revolução Industrial aconteceu no século XVIII na Inglaterra e se caracterizou pela introdução de máquinas no sistema produtivo em substituição à mão-de-obra humana, nesse período ocorreu a mudança do sistema de produção manufatureiro para o sistema de “maquinofatura” (IGLÉSIAS, 1984).

Já a segunda fase da Revolução Industrial caracterizou-se pelo uso da ciência como forma de obter mais produção e maximização do lucro no processo industrial. Essa revolução, diferente da anterior, não ficou em um só país, mas teve desdobramentos nos Estados Unidos, Japão e em alguns países da Europa como, por exemplo: França, Alemanha e Itália (SOUSA, 2016).

Depois dessas revoluções, a terceira aconteceu ao final da segunda grande guerra, onde computadores e internet começaram a serem desenvolvidos e aperfeiçoados. E agora estamos presenciando o início da quarta revolução industrial, onde o volume de dados coletados está aumentando exponencialmente e a internet está sendo a ferramenta para globalizar dados e informações que antes, muitas vezes, nem eram coletados, mas com a automação, hoje, essa realidade existe e os dados são coletados em larga escala.

Figura 9 – As quatro revoluções industriais em ordem cronológica



Fonte: ABDI (2020, s.p.)

Segundo Lima *et al.* (2019), a discussão da interação sobre tecnologia e emprego sempre se intensifica no início de uma nova revolução industrial, apesar das três revoluções anteriores não terem causado aumento da taxa de desemprego, mas, sim, aumentado a quantidade de empregos.

Contudo, certas profissões perdem espaço para outras, como é o exemplo de um ferreiro, que era uma profissão comum no passado, mas não é mais tão habitual e nem comum. Lima *et al.* conclui que o maior impacto da automação e da indústria 4.0 não será diretamente nos empregos, mas sim nas atividades de quem está trabalhando, pois cada vez menos trabalhos repetitivos serão feitos por humanos, e as máquinas farão esses procedimentos sem sofrer com danos por repetição ou outros tipos de lesões decorrentes.

Automação na separação de resíduos

A Automação tem papel importante na indústria com o sensoriamento de máquinas para proteção dos funcionários ou, até mesmo, o sensoriamento da produção de uma fábrica, onde produtos fora do padrão são identificados por sensores e sistemas automáticos que os detectam e os direcionam para as etapas finais de produção.

Esse mesmo procedimento e a mesma lógica podem ser usados para identificar os tipos de materiais provenientes da coleta seletiva de resíduos sólidos.

Nunes (2018), em seu trabalho de conclusão de curso, desenvolveu o Projeto LISA (Lixeira Inteligente Seletiva Automática); que utiliza sensores capacitivos, indutivos e infravermelhos para identificar e separar materiais diferentes, a fim de que a separação do lixo se torne mais rápida e utilize a tecnologia de sensoriamento para diminuir erros e aumentar a eficiência de uma Usina de triagem.

Esse tipo de tecnologia pode ser aplicado em larga escala como acontece em outros países mais desenvolvidos que o Brasil no setor de reciclagem, e essa tecnologia é necessária, pois segundo os dados do estudo Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização (2019, p. 23), do Fundo Mundial para a Natureza – *World Wildlife Fund* – (WWF), o Brasil é o quarto país que mais produz lixo no mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. Entretanto, produzir em excesso não é o único problema do Brasil, pois segundo WWF, o Brasil recicla um pouco mais de 1% do plástico gerado, conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Países que mais Produzem Plástico e o quanto cada um recicla

País	Total de lixo plástico gerado	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

Fonte: adaptada de WWF (2019)

A automação pode ser uma aliada do Brasil, assim como é de outros países; para aumentar o percentual de plástico reciclado, tornando o país mais sustentável e ecologicamente correto, evitando poluição dos mares e ambientes, pois segundo o próprio estudo da WWF, 2019), um terço de todo plástico produzido no mundo vira poluição plástica.

Estudo do local de aplicação do projeto

Problemática da usina de triagem da SAMAE de Pomerode

Com os dados sobre resíduos nacionais e globais tão alarmantes foi desenvolvido um levantamento local de quais melhorias de processo e tecnologia seriam viáveis e interessantes para a Usina de Triagem da SAMAE de Pomerode. Foi constatado que todo o lixo da coleta seletiva da Cidade é despejado no chão do galpão alguns metros da esteira onde trabalhadoras e trabalhadores da SAMAE separam os resíduos por tipo de material, e cada tipo de material é devidamente organizado em fardos que posteriormente são remanejados para empresas diferentes, que utilizam esses resíduos como matéria prima ou insumo para fabricação de material reciclado.

A separação na usina é feita de forma manual, isto é, funcionários ficam alocados ao lado da esteira onde os materiais passam e cada um dos funcionários coleta um tipo de material, seja papel, plástico ou qualquer outro tipo. Isso faz com que a Usina de triagem tenha necessidade de mais de 10 funcionários na esteira para que funcione em um ritmo normal, mas, além destes funcionários, atualmente um funcionário precisa estar no início da esteira alimentando-a com material reciclado, cortando os sacos manualmente com auxílio de um estilete ou de outra ferramenta cortante.

Os Principais materiais separados na usina de triagem são: alumínio, alumínio de latinhãs, antimônio, cacos claros, cacos escuros, cobre, embalagem longa vida, garrafa de vidro, isopor, latão, latas e sucata bruta de ferro, garrafas de vidro, lixo eletrônico, óleo de cozinha usado, papel misto, plástico – copinhos os/pp, plástico duro branco, plástico duro colorido, plástico duro margarina, plástico duro natural, plástico mole colorido, plástico mole natural, pet cristal, pet verde, pet azeite, pvc e vidro de conserva.

Local de Descarga

O Local onde o caminhão de lixo estaciona e despeja o lixo não foi projetado para a grande quantidade de sacos de resíduos que circulam pela usina de triagem, pois todos os sacos são amontoados no chão, conforme a Figura 10 nos mostra, e isso gera um grande trabalho, desnecessário, de amontoar esses sacos no chão e realocá-los até na esteira.

Figura 10 – Local de descarga dos sacos de lixo reciclável na SAMAE de Pomerode



Fonte: o autor

Logo depois dos sacos de lixo serem amontoados, são realocados para a esteira de separação de resíduos, conforme Figura 11 e Figura 12, onde, primeiramente, um funcionário precisa abrir os sacos manualmente com auxílio de um estilete ou uma faca e despejar o lixo na esteira onde outros funcionários são encarregados de separar o lixo de acordo com o tipo material.

Alguns materiais que estão nos sacos não possuem valor comercial e, geralmente, nesse caso, não podem ou dificilmente podem ser reciclados. Portanto, esses materiais continuam até o final da esteira e caem em um local onde serão encaminhados para um aterro sanitário. Também há materiais como agulhas e outros lixos contaminados que ocasionalmente são erroneamente colocados nos sacos plásticos e acabam colocando os funcionários da usina de triagem em risco de contaminação.

Figura 11 – Esteira de triagem, local de implementação do projeto



Fonte: o autor

Figura 12 – Esteira de triagem, local de implementação do projeto em outro ângulo



Fonte: o autor

Metodologia

Rompedor de sacolas plásticas

O rompedor de sacos deve atender às seguintes exigências:

- Não colocar em risco a vida dos trabalhadores da usina de triagem, ser um sistema seguro e eficaz.
- Romper as sacolas plásticas uniformemente sem danificar muito os materiais diversos no interior dos sacos.

Para atender a estes dois requisitos básicos, é necessário elaborar diversos testes em um protótipo, que será desenvolvido em local diferente da usina de triagem, o que garantirá a segurança dos trabalhadores durante os testes do rompedor. Além disso, o protótipo garante que mais melhorias possam ser analisadas e calculadas antes do modelo final ser apresentado para a usina de triagem da Samae de Pomerode.

Componentes do rompedor de sacolas plásticas

Diversos componentes pneumáticos e eletrônicos são indispensáveis para esse projeto, além da própria estrutura metálica dele. Portanto, nos próximos subtópicos serão apresentados os tipos de componentes desse projeto.

Componentes pneumáticos

Para obter movimento repetitivo e precisão, cilindros pneumáticos são de grande auxílio para esse projeto, uma vez que podem ser utilizados de inúmeras formas e em aplicações diversas. Nesse projeto um par de cilindros, conforme a Figura 13, será utilizado para pressionar uma chapa de apoio nos sacos plásticos contra a esteira de seleção de resíduos. Dessa maneira, o saco continuará firme no local do rompedor, mesmo com a esteira em pleno funcionamento.

Assim como o cilindro da chapa de apoio, também um cilindro será utilizado para realizar o movimento de corte das sacolas plásticas. Esse cilindro, conforme Figura 14, será fixo na chapa de apoio e, por sua vez, é responsável por movimentar as lâminas de corte que serão fixas em seu eixo.

Figura 13 – Cilindro mini ISO 6432 D.20mm x curso 25mm MAG



Fonte: o autor

Figura 14 – Cilindro mini ISO 6432 D.16mm x curso 125mm MAG



Fonte: o autor

Para que atuem todos esses cilindros, são necessárias duas válvulas pneumáticas com solenoide 5/2 vias, 1/8" 220 VCA conforme a Figura 15, uma para realizar atuação do cilindro responsável pelo movimento de corte, e a outra válvula para atuação do par de cilindros responsáveis pelo movimento da chapa de apoio.

Figura 15 – Válvula solenoide/mola 5/2 vias 1/8 220VCA e conector com LED



Fonte: o autor

Componentes eletrônicos

Para programar todos os movimentos dos cilindros e seus respectivos tempos e intervalos, um Arduino Uno será utilizado, conforme Figura 16, pois este é um controlador programável que utiliza linguagem C++ e, além disso, tem diversos pinos que podem ser entradas ou saídas digitais ou analógicas conforme a necessidade.

Figura 16 – Arduino Uno



Fonte: o autor

Como as válvulas necessitam de 220 volts para atuarem, e o Arduino Uno não consegue fornecer essa tensão para ambas as válvulas, então para suprir essa lacuna, dois módulos relés, conforme Figura 17, são de vital utilidade, pois são como chaves abertas que são atuadas por 5 Volts, que, por sua vez, é uma tensão que o Arduino Uno consegue fornecer tranquilamente.

Figura 17 – Módulo relé JQC-3FF-S-Z



Fonte: o autor

Resultados e Discussão

Estrutura para reduzir o retrabalho manual

Atualmente todos os caminhões descarregam os sacos plásticos de lixo no chão do terreno da SAMAE de Pomerode, isso gera diversos retrabalhos para descarregar o caminhão e posteriormente levar esses sacos até o início da esteira. Então, mudar esse processo com uma estrutura planejada facilitaria o trabalho e a gestão na seleção de resíduos.

Pensando em eficiência e diminuição de perda de tempo, foi idealizado que, ao descarregar o caminhão, os sacos de lixos já devem ser agrupados extremamente próximos do início da esteira, evitando retrabalho. Além disto, utilizar a gravidade a favor do processo pode ajudar,

criando uma estrutura inclinada para a esteira, em que o caminhão sobe na estrutura, e ao descarregar o lixo, este sofre com a ação da gravidade, logo cai e começa a rolar para mais próximo da esteira, tornando a força da natureza uma aliada do processo, conforme a Figura 18:

Figura 18 – Projeto de estrutura para Local de descarga do caminhão



Fonte: o autor

Com base nas dimensões do galpão da Usina de triagem da SAMAE de Pomerode, esta estrutura pode medir dois metros de altura e, conseqüentemente, oito metros de comprimento. E com essa estrutura, o projeto principal do trabalho funcionará de forma mais eficiente e autônoma, sem que um funcionário necessite ser alocado para auxiliar na abertura dos sacos no início da esteira.

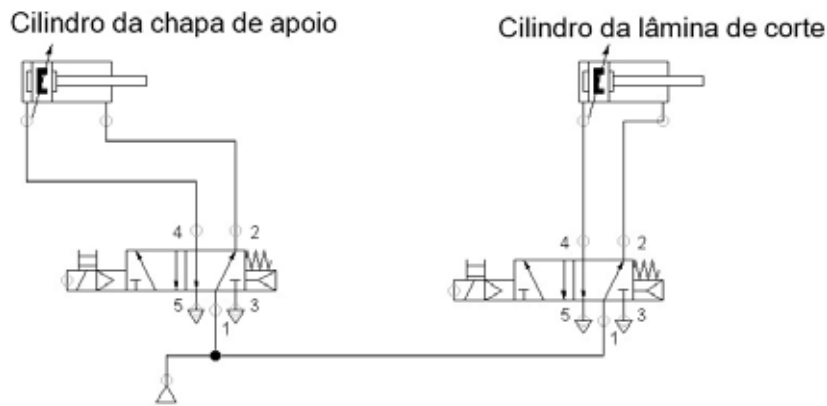
Funcionamento do Rompedor

O rompedor é composto por dois cilindros pneumáticos de dupla ação e duas válvulas direcionais 5/2 vias, onde cada uma das válvulas comanda um cilindro pneumático e ambas as válvulas são acionadas pelo sinal enviado pela placa eletrônica Arduino, que aciona dois relés que por sua vez acionam os solenoides de cada uma das válvulas. A ligação pneumática desse projeto pode ser representada conforme a Figura 19 a seguir.

Inicialmente, o Arduino será programado para acionar a válvula que atua sobre os cilindros da chapa de apoio, de forma que os cilindros movimentam o seu embolo verticalmente sobre as sacolas, pressionando-as para que não se movimentem na esteira por alguns instantes, conforme a Figura 20 da representação pneumática desse instante.

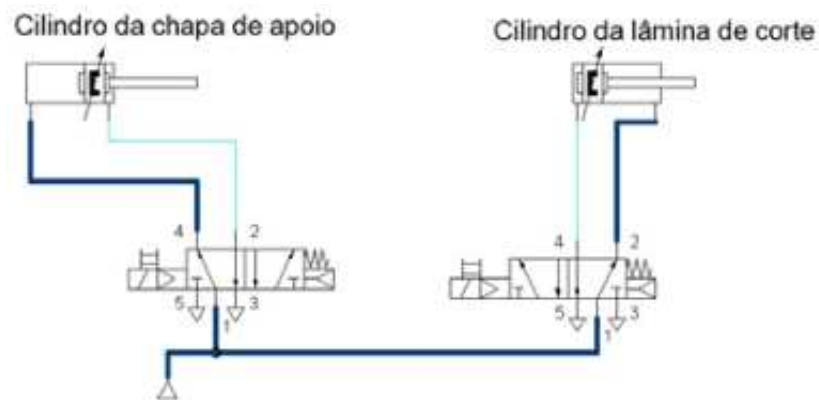
Logo em seguida, o Arduino envia um sinal para a válvula que atua sobre o cilindro da lâmina de corte, que seu embolo se movimenta na horizontal e este embolo está conectado com duas lâminas de corte que são responsáveis por romper as sacolas plásticas que estão pressionadas pelos cilindros chapa de apoio, conforme a Figura 21.

Figura 19 – Projeto Pneumático do rompedor de sacolas



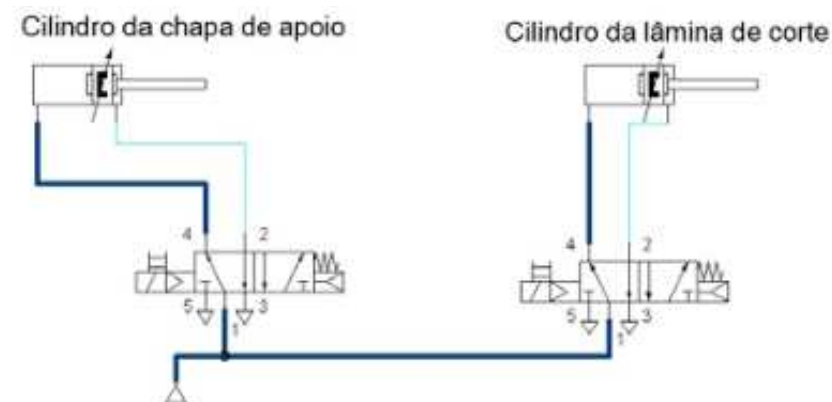
Fonte: o autor

Figura 20 – Acionamento do cilindro da chapa de apoio



Fonte: o autor

Figura 21 – Acionamento do cilindro da lâmina de corte



Fonte: o autor

Ao término do movimento do cilindro da lâmina de corte, ambos os cilindros voltam ao seu estado inicial recuado, e o processo recomeça. Este ciclo é controlado pela placa Arduino, em que os comandos e *loopings* programados são escritos em linguagem C++, assim como é definido quando os pinos são entradas ou saídas, e nesse caso apenas há duas saídas nos pinos

digitais 6 e 7, conforme a Figura 22, que mostra as linhas de comando para acionar o relé que fecha o contato e, por sua vez, aciona a solenoide da válvula 5/2 vias, o que ocasiona o acionamento do cilindro pneumático.

Como esse rompedor está sendo projetado para ser montado sob uma esteira já existente, então as sacolas se movimentarão no sentido correto quando o cilindro da chapa de apoio soltar essas sacolas.

Toda estrutura do rompedor de sacos pode ser dividida em duas partes principais: a chapa fixa e a chapa móvel. A chapa fixa é a estrutura que dá sustentação ao rompedor, pois nela são fixas as válvulas pneumáticas e os dois cilindros que movimentam a chapa móvel ou chapa de apoio. Já essa segunda chapa fica no interior da chapa fixa e está presa nas extremidades pelos dois cilindros que possibilitam o movimento vertical da chapa. Na chapa móvel está fixo o cilindro da lâmina de corte, que é responsável pelo rompimento do plástico das sacolas de lixo. A estrutura final do protótipo pode ser observada nas Figuras 23 e 24.

Figura 22 – Linhas de código no Arduino

```
Arduino_TCC
#define CilindroCorte 6
#define CilindroChapa 7

void setup() {
  // Definindo ambas variáveis como saídas;
  pinMode( CilindroCorte, OUTPUT);
  pinMode( CilindroChapa, OUTPUT);
}

void loop() {
  // o Cilindro da chapa de apoio é acionado para segurar a sacola plástica
  digitalWrite(CilindroCorte, LOW);
  digitalWrite(CilindroChapa, HIGH);
  delay(5000);

  // o Cilindro da lâmina de corte é acionado para romper o saco
  digitalWrite(CilindroCorte, HIGH);
  digitalWrite(CilindroChapa, HIGH);
  delay(2000);

  // Ambos cilindros retornam ao seu estado de repouso
  digitalWrite(CilindroCorte, LOW);
  digitalWrite(CilindroChapa, LOW);
  delay(1000);
}
```

Fonte: o autor

Figura 23 – Estrutura montada do rompedor de sacolas



Fonte: o autor

Figura 24 – Vista frontal do rompedor de sacolas



Fonte: o autor

Considerações finais

Este trabalho propôs um rompedor de sacolas plásticas para auxiliar na separação de resíduos em uma usina de triagem na cidade de Pomerode. Para isso, foi realizada uma pesquisa sobre o atual status de destinação final resíduos sólidos no Brasil e no mundo.

Na pesquisa constatou-se que o Brasil é um grande produtor de lixo, porém ele não recicla grande parte desses resíduos, e muitos deles acabam em lixões e em outros locais inadequados, os quais ainda são realidade no Brasil.

Dessa forma, investir em soluções para aprimorar usinas de triagem e torná-las mais eficientes também favorece a reciclagem e a destinação correta desse grande volume de resíduos gerados no Brasil.

Também foi desenvolvido um protótipo de rompedor de sacolas para testar, aprimorar e demonstrar o funcionamento desse sistema. Para esse desenvolvimento, foi necessário conhecimento em pneumática e em eletrônica e os respectivos componentes dessas áreas.

Além disso, com a implementação de um rompedor de sacolas, o contato desnecessário dos trabalhadores da usina de triagem com resíduos pode ser mitigado, e isso diminui as chances de contágio com resíduos contaminados e, até mesmo, com superfícies cortantes, favore-

cendo, assim, os trabalhadores do ramo que são beneficiados com maior segurança no trabalho, e, igualmente, toda a sociedade, com um volume maior de reciclagem e, conseqüentemente, maior sustentabilidade.

Referências

ABDI. Indústria 4.0. **Abdi**, 2020. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/noticias/industria-4-0>. Acesso em: 15 out. 2020.

ABRALATAS. História da lata de alumínio para bebidas. Brasília, DF, Revista da lata, p. 38-62. 2019. Disponível em: <http://www.abralatas.org.br/>. Acesso em: 20 out. 2020.

ABRELPE. **Abrelpe**, 2019. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018 - 2019. Disponível em: <https://Abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em 25 de outubro de 2020.

ABRELPE. **Abrelpe**, 2020. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. Disponível em: <https://Abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

ANCAT. **Anuário da Reciclagem 2017 – 2018**. São Paulo, SP: Cempre, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3Lq9QJR>. Acesso em: 30 out. 2020.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/3SOgydm>. Acesso em: 2 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2 ago. 2010.

EIGENHEER, E. M. **A História do lixo**. Porto Alegre, RS, 2009.

FONSECA, L. H. A. **Reciclagem**: o primeiro passo para a preservação ambiental. Centro Universitário Barra Mansa. Barra Mansa, RJ, 2013.

IGLÉSIAS, F. **A Revolução Industrial**. 5. ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1984.

LIMA, Y., *et al.* **O Futuro do Emprego no Brasil**: Estimando o Impacto da Automação. Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

LOMASSO *et al.* **Benefícios e desafios da implementação da reciclagem**: um estudo de caso no centro mineiro de referência em resíduos (CMRR). Belo Horizonte, MG: Faculdade Promove, 2015.

NUNES, A. M. da S. **Projeto LISA**: Lixeira Inteligente Seletiva Automática. 2018, 49 p. Monografia (Bacharel em Engenharia de Computação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2018.

SOUSA, R. G. **Brasil escola**, 2016. Segunda Revolução Industrial. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 25 out. 2020.

VASCONCELOS, Z. N. F. de. Uso de materiais reciclados para fins artesanais: um estudo exploratório de lugares que utilizam a reciclagem para fins econômicos em Natal (RN). 2019, 40 f. TCC (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2019.

WWF. World Wildlife Fund. **Solucionar a Poluição Plástica**: Transparência e Responsabilização. Gland, Suíça. Disponível em: <http://promo.wwf.org.br/solucionar-a-poluicao-plastica-transparencia-e-responsabilizacao>. Acesso em: 10 out. 2020.

CONSEQUÊNCIAS NOS INDICADORES DEC/FEC DA CONCESSIONÁRIA COM A SUBSTITUIÇÃO DOS CABOS NUS PARA ISOLADOS NA REDE DE MÉDIA TENSÃO

Consequences on the utility company's dec/fec indicators with the replacement of bare cables for isolated in the medium voltage network

Ricardo Schulze¹

Giovanni Gueler Dalvi¹

Resumo: A energia elétrica chega nas unidades consumidoras, em sua grande maioria, por meio de redes aéreas de distribuição, e no meio do caminho acabam por ocorrer interrupções devido ao contato de vegetação e outros corpos estranhos nos condutores. Neste trabalho será discutido sobre a implantação de redes compactas/isoladas e será feito um comparativo entre as interrupções acidentais que ocorrem em uma rede aérea convencional, conhecida como rede nua, e as interrupções acidentais que ocorrem em uma rede compacta/isolada. O objetivo deste artigo é analisar a eficácia da rede compacta perante a rede nua, na expectativa de reduzir o número de interrupções e, também, os outros benefícios referentes a essa melhoria. A pesquisa se dará por meio de informações obtidas no sistema SIMO[®], da concessionária Celesc Distribuição, considerando várias melhorias de rede que aconteceram recentemente. Verificou-se que nas redes analisadas com rede compacta, a redução nas interrupções foi de 60% em relação à rede convencional que havia anteriormente, comprovando que a rede compacta acaba melhorando os indicadores de continuidade de fornecimento de energia.

Palavras-Chave: Energia Elétrica. Cabos Isolados. Indicadores DEC/FEC. Qualidade de Energia.

Abstract: Electricity arrives at consumer units mostly through overhead distribution networks, and in the middle of the way, interruptions occur due to contact with vegetation and other foreign bodies in the conductors. In this work, the implementation of compact/isolated networks will be discussed, and a comparison will be made between the accidental interruptions that occur in a conventional aerial network, known as a bare network, and the accidental interruptions that occur in a compact/isolated network. The objective of this article is to analyze the effectiveness of the compact network compared to the naked network, in the expectation of reducing the number of interruptions and also the other benefits related to this improvement. The research will be carried out using information obtained from the SIMO[®] system, from the concessionaire Celesc Distribution, considering several network improvements that have taken place recently. It was verified that in the networks analyzed with a compact network, the reduction in interruptions was 60% in relation to the conventional network that existed previously, proving that the compact network ends up improving the indicators of continuity of energy supply.

Keywords: Electricity. Insulated Cables. DEC/FEC indicators. Energy Quality.

Introdução

A eletricidade está presente no nosso dia a dia como, por exemplo, nos carros, computadores, celulares e lâmpadas. A eletricidade é importante não só para o nosso bem-estar e lazer, mas também para o desenvolvimento da sociedade em que vivemos (INBRAEP, 2021). Com isso, é correto afirmar que a energia elétrica, a cada dia que passa, vem sendo cada vez mais um requisito essencial para o ser humano, para realizar todas as tarefas diárias. Quando da sua falta, é de grande importância o retorno mais brevemente possível. Caso ocorra falta de energia, se houve algum problema técnico que causou a falta de energia antes do ponto de entrega, é responsabilidade da distribuidora providenciar a solução o mais rápido possível (ANEEL, 2015), ou seja, a concessionária de energia elétrica é responsável pela garantia de continuidade do

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI – Rodovia BR 470 - Km 71 - no 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniasselvi.com.br

fornecimento de energia e, quando ocorre algum desligamento indevido, de sanar o problema com urgência. O ponto de entrega é a conexão da sua casa (escritório, loja etc.) com a rede da distribuidora. Em geral, fica no limite da propriedade com a via pública (ANEEL, 2015).

Os métodos utilizados para verificar/aferrir se a concessionária está atendendo aos requisitos mínimos de qualidade de energia, conforme o Prodist Módulo 8 (ANEEL, 2016), são os indicadores de continuidade, conhecidos como DEC, que contabiliza a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora e o FEC, que indica a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora.

Os motivos para os desligamentos variam bastante, desde desligamentos causados por ventanias, tempestades e/ou galhos encostando nos cabos até desligamentos causados por acidentes de trânsito, com algum veículo abalroando um poste. As redes de distribuição também estão sujeitas a situações que a distribuidora não pode controlar, como tempestades, queda de galho na rede, furto de cabos, entre outros (ANEEL, 2015).

Os desligamentos acidentais trazem prejuízos para ambos os lados, tanto para a concessionária quanto para os consumidores. O prejuízo na concessionária se dá por vários motivos, entre eles o custo de deslocamento da equipe para verificar o motivo da atuação, além de possíveis multas por violação de indicadores e ressarcimento aos consumidores, seja por lucros cessantes ou por quantidade de desligamentos/tempo desligado, conforme prevê o Prodist Módulo 11 (ANEEL, 2017), o valor creditado por violação de limites de indicadores individuais de continuidade (DIC, FIC, DMIC e/ou DICRI) e o período de apuração da violação, apresentados em item de fatura no grupo “Abatimentos e Devoluções”.

Alguns dos problemas para o consumidor, são a queima de aparelhos, falta de produtividade dos funcionários, gastos fora do orçamento, falhas no sistema de comunicação e impacto na produção e fabricação (SULLTEC GERADORES, 2020). Praticamente, todas as empresas precisam de energia elétrica nos seus processos, seja para alimentar as máquinas, seja para os computadores, ou simplesmente para iluminação. Independentemente da situação, a empresa perderá o seu rendimento. Em uma residência, se perderá conforto com a falta de energia para os eletrodomésticos, faltará o entretenimento dos eletrônicos, e nos piores casos, não será possível de se realizar o serviço em “home office”, que após a pandemia do Covid-19 se tornou comum no mercado de trabalho. Conforme Kohlmann (2020, s. p.), “Atualmente, mais de 50% das companhias do setor manufatureiro e mais de 40% das que atuam no setor de serviços empresariais desejam continuar com o home office no futuro”.

Conforme Ribeiro (2008, p. 75), “as redes aéreas compactas surgiram como uma solução tecnológica para que as concessionárias de distribuição de energia pudessem melhorar o nível de qualidade da energia distribuída aos clientes, aumentando a confiabilidade do sistema.”. Uma das maneiras possíveis de minimizar os desligamentos indevidos é substituindo os cabos nus para cabos cobertos. Assim, várias situações em que haveria um desligamento por uma fuga de corrente ou curto-circuito, causado por algum corpo estranho que encoste na rede, a rede continuará ligada. E o que nos importa: o cabo coberto tem realmente uma vantagem em relação ao cabo nu? Será feita uma pesquisa no Sistema Integrado de Manutenção e Operação (SIMO[®]), utilizando a quantidade de atuações de determinados alimentadores/ramais da concessionária Celesc e cálculos de DEC/FEC como parâmetro de comparação. O sistema SIMO[®] é o sistema desenvolvido pela Celesc, auditável e confiável, para controlar e registrar todas as intervenções que ocorrem no sistema elétrico de distribuição da concessionária, que engloba todas as informações necessárias para efetuar a pesquisa deste trabalho.

O objetivo do deste artigo é comparar a eficiência de redes aéreas compactas perante redes aéreas nuas.

Os objetivos específicos são: selecionar obras de troca de condutores na base de dados Celesc; coletar as atuações dos equipamentos antes e depois da troca de condutores; analisar os dados e comparar a variação nas interrupções; e demonstrar os resultados por meio de uma planilha.

Referencial teórico

A energia elétrica chega nos seus consumidores pelas redes de distribuição, que conforme a Aneel determina, possuem uma determinada faixa de níveis de tensão.

O sistema de distribuição é composto pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam em níveis de alta tensão (superior a 69 kV e inferior a 230 kV), média tensão (superior a 1 kV e inferior a 69 kV) e baixa tensão (igual ou inferior a 1 kV). ANEEL, Regulação dos Serviços de Distribuição (2015).

As linhas de alta tensão são utilizadas para levar a energia até as subestações rebaixadoras, de onde saem os alimentadores de média tensão, onde os níveis de tensão, na Agência Regional de Blumenau, estão divididos nas categorias de 5 kV (Rio dos Cedros e regiões próximas), 13,8 kV (Bairros Itoupava Central e Vila Itoupava em Blumenau, também em Luiz Alves, Massaranduba e Doutor Pedrinho) e 23,1 kV, o qual é o mais utilizado na regional (CELESC, 2022a).

Além disso, em Blumenau existe também um alimentador de 69 kV para atender algumas indústrias com grande consumo de energia na cidade. (CELESC, 2022a). O alimentador, rede elétrica destinada a transportar energia elétrica em média tensão, atende os consumidores que recebem energia em média tensão, no caso, tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 69 kV e, também, atende os transformadores de distribuição, que levam energia para os consumidores em baixa tensão, onde a tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV, conforme descreve o Prodist Módulo 1 (ANEEL, 2016b, s. p.).

Por meio do controle das interrupções, do cálculo e da divulgação dos indicadores de continuidade de serviço, as distribuidoras, os consumidores, as centrais geradoras e a ANEEL podem avaliar a qualidade do serviço prestado e o desempenho do sistema elétrico.

De uma maneira resumida, para calcular os indicadores DEC e FEC, utiliza-se algumas fórmulas. Primeiro, deve-se calcular individualmente os valores para cada desligamento, por meio dos indicadores DIC e FIC, que significam Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão e Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora, respectivamente, conforme o prevê o Prodist Módulo 8 (ANEEL, 2016a).

O DIC é a duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora, seguindo a fórmula representada pela Equação 1 (ANEEL, 2016a, s. p.):

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (1)$$

O cálculo do FIC se dá pela quantidade de vezes que o consumidor foi desligado (n), excluindo desligamentos programados e avisados dentro do prazo estipulado, seguindo a fórmula representada pela Equação 2 (ANEEL, 2016a, s. p.):

$$FIC = n \quad (2)$$

Com esses valores, podem ser calculados os indicadores de continuidade dos conjuntos, chegando, assim, em um indicador coletivo que abrange várias unidades consumidoras, o DEC, que conforme o Prodíst Módulo 8 (ANEEL, 2016a), significa Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora. O DEC é um indicador que relaciona a média simples de todos os desligamentos de um conjunto, multiplicando a quantidade de unidades consumidoras desligadas (C_c) pelo tempo de cada desligamento (DIC) dividido pelo número total de unidades consumidoras daquele conjunto (C_c), conforme relacionado no Prodíst Módulo 8, representado na Equação 3 (ANEEL, 2016a, s. p.):

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DIC(i)}{C_c} \quad (3)$$

Por fim, é utilizado o indicador FEC, que conforme o Prodíst Módulo 8 (ANEEL, 2016a), significa Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora. É um indicador que relaciona a quantidade de vezes que as unidades consumidoras (C_c) foram desligadas (FIC) dividido pela quantidade de consumidores total (C_c) do conjunto. A fórmula para calcular o FEC está representada na Equação 4 (ANEEL, 2016a, s. p.):

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} FIC(i)}{C_c} \quad (4)$$

Um indicador que também é utilizado é o DMIC, que significa Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão. É um indicador que mostra a duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora. A fórmula para calcular o FEC está representada na Equação 5 (ANEEL, 2016a, s. p.):

$$DMIC = t(i) \max \quad (5)$$

Os indicadores DEC e FEC são muito importantes para medir a qualidade dos serviços e a eficiência da concessionária em geral, pois relacionam ao mesmo tempo os investimentos que estão sendo feitos para atender cada vez melhor a população, como também a agilidade para resolver eventuais desligamentos indevidos. A qualidade dos serviços prestados compreende a avaliação das interrupções no fornecimento de energia elétrica. Destacam-se no aspecto da qualidade do serviço os indicadores de continuidade coletivos, DEC e FEC, e os indicadores de continuidade individuais DIC, FIC e DMIC (ANEEL, 2015). Em comparação anual, tanto o DEC quanto o FEC estão sendo gradativamente reduzidos, enquanto a quantidade de consumidores só vem aumentando, conforme será mostrado na Figura 1. Proporcionalmente, isso significa que as melhorias que estão sendo efetuadas vêm surtindo um ótimo efeito, melhorando cada vez mais a qualidade dos seus serviços no quesito continuidade do fornecimento de energia (ANEEL, 2015).

Existem vários fatores para serem considerados nos cálculos de DEC e FEC, como dias críticos (onde, devido a tempestades fortes, a quantidade de ocorrências no conjunto é tão grande que não há equipes suficientes para atender as ocorrências (CELESC, 2022a), ou em situações críticas, como foi o caso do ciclone bomba no ano de 2020, que deixou quase toda Santa Catarina em estado de calamidade pública.

Conforme relatório gerencial da Celesc emitido dia 30/9/2021, o Boletim Diário de Operação, a agência regional de Blumenau possui aproximadamente 361.577 unidades consumidoras conectadas, equivalendo 11,26% das unidades consumidoras do Estado de Santa Catarina,

que são no total 3.212.128 unidades consumidoras. Nesse relatório, também constam gráficos das causas dos desligamentos. A Figura 2 mostra o gráfico dos desligamentos ocorridos no mês de setembro de 2021, que foi retirado do Boletim Diário de Operação.

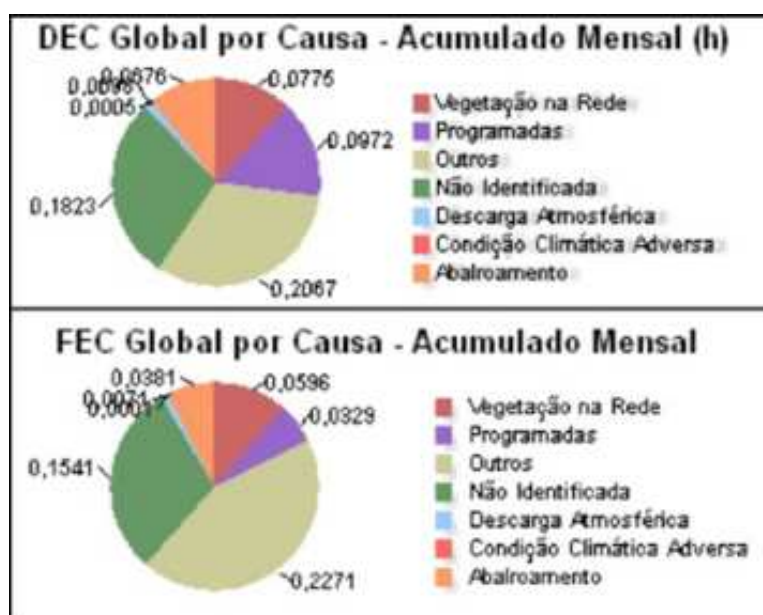
Como é possível verificar, além das interrupções programadas (para melhoria, ampliação e manutenção), os desligamentos que mais impactam são a vegetação na rede, outros e não identificada. Estudos técnicos constataam que a maioria das interrupções que constam em outros e causa não identificada se refere a algum galho de árvore que, devido ao vento, encosta na rede e acaba atuando a proteção, seja uma chave fusível ou religador. É um caso que fica entre situação climática adversa e vegetação na rede, ficando categorizada indevidamente. Por fim, esse valor é corrigido nos documentos e é gerado um relatório completo de interrupções (CELESC, 2022a).

Figura 1 – Indicadores de Continuidade da Celesc entre 2011 e 2020



Fonte: adaptada de Celesc (2021)

Figura 2 – Gráfico de Causas DEC/FEC de 30 de setembro de 2021



Fonte: adaptada de Celesc (2021)

Existem várias maneiras para evitar essas interrupções indevidas, conforme descreve Leme *et al.* (2013, p. 28),

Para a proteção do sistema de distribuição de energia elétrica, há a necessidade da existência de vários equipamentos dos tipos: fusíveis, disjuntores, reles, religadores, entre outros que tem a função de desacoplar o circuito onde ocorreu uma falha, tendo como objetivo minimizar qualquer tipo de dano ocorrido devido à anomalia.

Também se deve efetuar podas em todos os trechos onde existe rede de distribuição, pois a convivência satisfatória entre as árvores e a rede elétrica depende da execução periódica de podas dos galhos, a fim de diminuir as interrupções no fornecimento de energia elétrica (Neoenergia Elektro 2021). A poda é uma atividade necessária e importante, porque evita curto-circuito em redes aéreas, interrupção no fornecimento de energia e rompimento de cabos condutores da rede elétrica (NEOENERGIA ELEKTRO, 2021).

Para fazer uma análise dos cabos das redes de distribuição, foram selecionados os condutores e padrões de rede utilizados pela concessionária Celesc, conforme a Instrução Normativa I-313.0021 – Critérios para utilização de redes de distribuição (2020), que se dividem em rede convencional (cabos nus), rede compacta (cabos cobertos), rede compacta simples (cabos cobertos autossustentados, utilizando estruturas da rede nua), rede multiplexada (cabos multiplexados isolados) e rede subterrânea (CELESC, 2022).

A rede convencional utiliza cabos nus, que são condutores na sua maioria de alumínio (são mais utilizados devido ao peso e custo reduzido em comparação ao cobre) que são dispostos em isoladores, separados por uma distância que varia devido ao nível de tensão. Conforme mencionado na Instrução Normativa I-313.0021, o custo da instalação é menor, porém a manutenção é mais frequente, tornando o custo alto a longo prazo e impactando os indicadores DEC/FEC.

A Rede Convencional é também conhecida como “Rede Nua”, pois tem como característica preponderante o uso de condutores nus de alumínio ou cobre. Devido ao custo deste tipo de condutor ser relativamente menor que dos condutores protegidos ou isolados, o custo de instalação da rede convencional é relativamente inferior quando comparado ao custo de instalação de rede protegidas ou isoladas. Porém, o uso de condutores nus em instalação aérea proporciona uma alta vulnerabilidade aos efeitos causados pelas condições ambientais e alta susceptibilidade a toques eventuais, muito comuns em áreas arborizadas. Isto acarreta inspeções constantes para verificação das condições dos materiais e em serviços de poda de vegetação periódicas, o que torna os custos de manutenção mais elevados quando comparado aos custos de manutenção de redes protegidas ou isoladas (CELESC, 2020, s. p.).

A Figura 3 mostra uma rede de distribuição aérea convencional que, inclusive, está próxima à vegetação.

Figura 3 – Rede aérea nua



Fonte: o autor

As secções transversais dos cabos em rede nua são no padrão AWG (*American Wire Gauge*), e os mais utilizados na regional são 2 CA (conforme mostrado na Figura 4), 1/0 CA e 4/0 CA, totalmente de alumínio (CELESC, 2022a). O cabo do tipo CA é um cabo formado por uma ou mais coroas de fios de alumínio, em torno de um fio central de alumínio (CELESC, 2022b). Também se encontram bastante cabos 4 CA, porém estes foram deixados de se utilizar devido à baixa corrente que suportam e a facilidade de rompimento, principalmente para efetuar serviços de linha viva (com a rede ligada), gerando um risco aos trabalhadores. Nos trechos de rede mais longos como, por exemplo, morros ou travessias de rios, também áreas rurais com vãos mais longos, é utilizado cabo 4 CAA ou 4/0 CA (para travessia de alimentadores) (CELESC, 2022b). O cabo do tipo CAA é um cabo formado por uma ou mais coroas de fios de alumínio, em torno de uma alma de aço composta de um ou mais fios. (CELESC, 2022b).

Saindo da rede convencional e indo para a rede compacta, iremos ver algumas diferenças. A rede compacta, conforme descrito na normativa Celesc E-313.0085, é uma rede de distribuição em média tensão que utiliza cabos cobertos em espaçadores, sustentados por cabo mensageiro, apresentando uma configuração compacta. Mesmo não sendo totalmente isolada, apresenta uma grande vantagem, pois usa um cabo dotado de cobertura protetora extrudada de material polimérico, que visa reduzir a corrente de fuga em caso de contato acidental do cabo com objetos aterrados e diminuir o espaçamento entre condutores (CELESC, 2015). O seu uso é bastante comum na saída de subestações e está se tornando tendência na extensão do alimentador principal e em todos os alimentadores novos, para garantir a continuidade da energia devido a sua confiabilidade (CELESC, 2022).

Figura 4 – Cabo 2 CA



Fonte: o autor

A rede compacta é uma rede de distribuição aérea protegida, composta por cabos cobertos que, além do elemento condutor em alumínio, também possui uma cobertura polimérica que protege o condutor quanto a toques eventuais. Isso aumenta seu custo em relação aos condutores nus, mas também melhora significativamente a sua robustez e confiabilidade, e contribui para a redução no índice de descontinuidade, principalmente quando aplicada em áreas sujeitas a toques eventuais, o que garante sua viabilidade mesmo tendo um investimento inicial mais elevado que o das redes convencionais. Este tipo de rede é apropriado para regiões arborizadas, tanto em áreas urbanas como áreas rurais, que estão sujeitas toques eventuais de vegetação ou animais, os quais provocam falhas temporárias na isolação do sistema elétrico de redes nuas, causando curto-circuito e conseqüente atuação das proteções elétricas acarretando o desligamento de um ramal ou no pior dos casos, de um circuito alimentador (CELESC, 2020, s. p.).

A Figura 5 mostra uma rede de distribuição aérea compacta, que foi construída devido à vegetação no trecho, em frente ao parque Ramiro Ruediger em Blumenau (CELESC, 2022). A estrutura da rede compacta se dá por um cabo de aço, chamado de mensageiro, que é o cabo utilizado para sustentação dos espaçadores, separadores e para proteção elétrica e mecânica na rede compacta. Atua como uma blindagem contra surtos atmosféricos quando devidamente aterrado. (CELESC, 2015). O cabo mensageiro fica na parte superior, onde é fixado o espaçador losangular, de material polimérico e formato losangular (trifásico), cujas funções são a sustentação e a separação dos cabos cobertos na rede compacta ao longo do vão, mantendo a isolamento elétrica dela (CELESC, 2015).

Figura 5 – Rede Compacta



Fonte: o autor

As seções transversais dos cabos da rede compacta são dadas em mm^2 , e podem variar de 35mm^2 a 300mm^2 (INDUSCABOS, 2013), e os mais utilizados na regional são de 50mm^2 , para ramais e trechos com pouca corrente, e 150mm^2 para alimentadores (CELESC, 2022). Existem, nas saídas de subestações mais antigas, cabos 185mm^2 , mas hoje em dia foi deixado de utilizar devido à padronização de materiais e, também, porque em sua maioria estava superdimensionado (CELESC, 2022). A Figura 6 mostra os cabos 50mm^2 e 150mm^2 .

Figura 6 – Cabos da rede compacta, 50mm^2 (menor), 150mm^2 (maior) e corte transversal cabo 150mm^2



Fonte: o autor

Falando da rede compacta simples, o cabo é semelhante com a rede compacta, o que o difere da rede compacta é o fato dele não precisar do cabo mensageiro e as estruturas da rede compacta para sustentação já que são cabos autossustentados, com uma alma de aço por dentro do condutor, que podem ser instalados tanto em redes monofásicas quanto em redes trifásicas, conforme descreve a instrução normativa Celesc I-313.0021:

Esta é uma rede compacta que também utiliza cabos cobertos, ou protegidos, por camada polimérica, porém, com estruturas próprias para uso rural, com cabos autossustentados sem a utilização de espaçadores losangulares e cabo mensageiro, por isso a denominação de Rede Compacta Simples. Nesta, os cabos autossustentados são ancorados em isoladores poliméricos tipo bastão através de grampos específicos e apoiados em isoladores pilar fixados em cruzetas ou diretamente em postes. Por utilizar menos materiais, este tipo de estrutura possui o custo de implantação mais reduzido que a rede compacta com espaçadores e cabo mensageiro tradicional. Contudo, devido ao peso excessivo dos cabos protegidos autossustentados e a dificuldade de ancoragem deste tipo de cabo, esta estrutura está limitada a utilização de cabos até 35mm². Na necessidade de atendimento a maiores demandas e cabos de maior seção transversal, deve ser optado por redes compactas com espaçadores e cabo mensageiro. Caso não seja possível esta opção, excepcionalmente poderão ser utilizados cabos autossustentados de 70mm² (CELESC, 2020, s. p.).

Conforme a instrução normativa da Celesc I-313;0021, os cabos utilizados são limitados em 35mm², salvo exceções onde são usados cabos 70mm². Na regional de Blumenau o padrão é utilizar apenas os cabos autossustentados de 35mm², conforme a Figura 7, para a montagem de redes compactas simples, ou redes “rurais”, caso seja necessário mais corrente, é optado por utilizar a rede compacta de 50mm² ou 150mm² (CELESC, 2022).

Figura 7 – Cabo autossustentado coberto 35mm²



Fonte: o autor

A rede multiplexada já traz o cabo totalmente isolado, e diferente da rede compacta/compacta simples, não exige nenhum espaçamento entre os cabos. Possui um cabo de aço (mensageiro) onde os condutores das fases, totalmente isolados, ficam reunidos de forma helicoidal, conforme descrito na instrução normativa Celesc E-313.0052 (CELESC, 2022c). Pode ser instalado em locais com muita arborização, que venha a ter contato comum de folhas e galhos, exposição ao sol, chuva, salinidade e poeira (CELES, 2022c).

As redes multiplexadas de média tensão são redes aéreas isoladas constituídas por cabos multiplexados autossustentados fixados em postes por meio de estruturas metálicas. Estes cabos são compostos por três condutores, isolados e blindados, reunidos helicoidalmente ao redor de um cabo mensageiro de liga de alumínio que serve como sustentação. Devido ao custo deste tipo de condutor ser relativamente maior que dos condutores protegidos, o custo de instalação da rede multiplexada é relativamente superior quando comparado ao custo de instalação de redes protegidas. Este tipo de rede é apropriado para regiões arborizadas, tanto em áreas urbanas como áreas rurais, pois são imunes a contatos de vegetação ou animais, mesmo que permanentes, ou até mesmo a objetos lançados à rede, desde que não danifique sua isolação. Devido a isso, não há custos com podas periódicas de vegetação, o que minimiza os custos operacionais de manutenção e por consequência traz benefícios ao meio ambiente (CELESC, 2020, s. p.).

Na regional de Blumenau a rede multiplexada é pouco utilizada, sendo que somente um alimentador da subestação da Velha e um alimentador da subestação do Salto utiliza esse cabo, como alimentadores expressos (CELESC, 2022). A Figura 8 mostra um trecho da rede multiplexada na rua Bahia, o alimentador que vai expresso para a empresa IPEL – Indaial Papel.

Figura 8 – Rede Multiplexada



Fonte: o autor

A rede multiplexada nos alimentadores da regional de Blumenau é toda construída com cabo 3#240mm² (CELESC, 2022). A Figura 9 mostra um condutor da rede multiplexada, sendo que a parte interna é constituída de alumínio, com uma isolação de XLPE, uma blindagem de cobre ao redor e por fim, uma cobertura de polietileno para proteção mecânica (INDUSCABOS, 2013).

Figura 9 – Corte transversal do cabo multiplexado utilizado



Fonte: o autor

Por fim, a rede subterrânea. Tecnicamente, a melhor em quesito de confiabilidade da rede, pois o sistema evita problemas de descarga na rede elétrica, diminui os apagões nos bairros e reduz os riscos de queda de raios, além da questão estética (LOPES, 2021).

Conforme a instrução normativa Celesc I-313.0021, o custo de implantação da rede pode chegar a 10 vezes o custo da rede aérea convencional. Construtivamente, ele se parece com o cabo multiplexado, com a diferença dele ser feito de cobre em vez de alumínio para ter maior condutibilidade.

As redes subterrâneas consistem em cabos isolados e blindados, lançados em dutos corrugados enterrados ou dispostos em leito de cabos dentro de canaletas ou galerias enterradas. É conhecida como semienterrada quando os cabos são enterrados e os equipamentos são instalados ao nível do solo, e como totalmente enterrada quando os cabos e os equipamentos são totalmente enterrados. A escolha dos arranjos depende muito da área disponível e do limite de custo disponível. O custo de implantação deste tipo de rede pode variar entre 6 e 10 vezes maior quando comparado aos custos de redes convencionais. A necessidade de abertura e fechamento de valas, recomposição das vias públicas, e demais obras civis ainda representam em torno de 75% a 85% do custo total de implementação. Portanto, grande parte do custo da rede subterrânea é atribuída às obras civis. Em situações em que estas obras forem custeadas por terceiros, a aplicação de redes subterrâneas pode apresentar viabilidade econômica. Por ser subterrânea, este tipo de rede não possui custos com podas de vegetação, o que minimiza os custos operacionais de manutenção e por consequência traz benefícios ao meio ambiente (CELES, 2020, s. p.).

A regional de Blumenau foi uma das primeiras a iniciar a implantação da rede subterrânea, na rua XV de Novembro, no bairro Centro, juntamente com a prefeitura do município, devido a ser um lugar turístico. A rede teve um custo extra além do que uma rede subterrânea normal, porque os equipamentos precisaram ser todos adequados para a submersão, devido às enchentes que assolam a cidade. E esse é um motivo das redes subterrâneas não serem tão utilizadas, além do custo bastante elevado (CELESC, 2022).

Na Figura 10 consta a construção do cabo subterrâneo, a qual foi retirada do catálogo de cabos de média tensão da Induscabos, fornecedora da Celesc. A tecnologia utilizada na construção dos cabos proporciona uma ótima alternativa técnica e, também, muito econômica para circuito de entrada e/ou distribuição de prédios residenciais ou industriais, subestações etc. Podem ser instalados ao ar livre, em eletrodutos, canaletas, bandejas ou diretamente enterrados (INDUSCABOS, 2013).

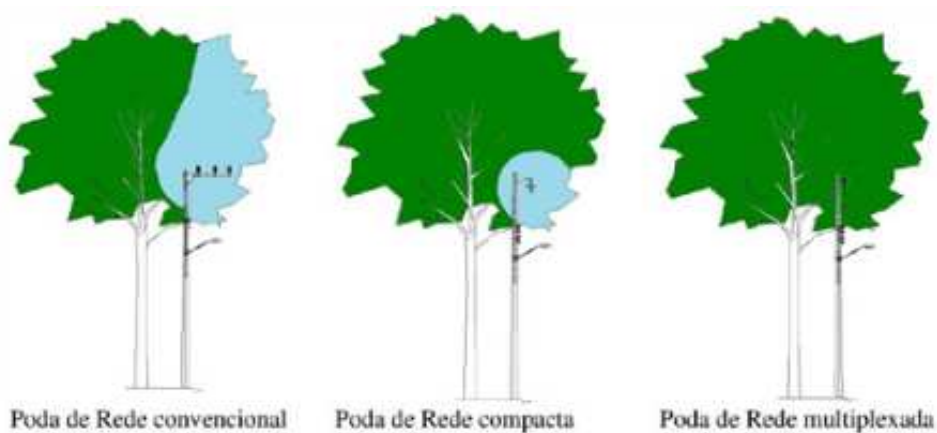
Figura 10 – Representação do cabo subterrâneo e legendas



Fonte: Induscabos (2013, p.11)

Por fim, para entrar no quesito ambiental, a Rede Compacta também tem a vantagem de reduzir os custos com manutenção, pois a área de poda é reduzida, o que minimiza os custos operacionais de contratação de equipes de poda. Isto, por consequência traz benefícios ao meio ambiente (CELESC, 2020). Isso está representado na Figura 11, mostrando os resultados da instalação de uma rede protegida.

Figura 11 – Representação das podas necessárias para cada tipo de condutor



Fonte: Celesc (2020, s. p.)

Metodologia

As redes de distribuição em média tensão foram utilizadas neste estudo, pois são as que mais impactam na quantidade de clientes desligados em caso de desligamento acidental, se comparados a um circuito de baixa tensão vindo de um transformador de distribuição. A quantidade de consumidores impacta diretamente no DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e no FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora).

A pesquisa foi feita por meio de coleta e análise de dados específicos de interrupções, para observar a quantidade de interrupções que acontecem em uma rede elétrica de média tensão com cabos nus, e analisar e coletar as informações desses mesmos locais após ter sido feita uma substituição dos cabos nus para cabos cobertos. Por fim, será feita uma comparação entre as duas situações, por meio de uma média ponderada, para determinar a quantidade de interrupções que aconteceram antes da melhoria e depois.

Foi feita uma coleta de dados no sistema SIMO[®], da concessionária Celesc Distribuição, das interrupções que aconteceram em determinados alimentadores/ramais antes e depois das obras de troca de condutores para cabos isolados. Com esses dados, foi possível analisar a eficácia e justificar os investimentos feitos nessa área, tanto pelo quesito de qualidade de energia quanto pela questão financeira, seja reduzindo a quantidade de vezes que é necessário deslocar equipes para as interrupções ou pagando compensações financeiras.

Foram selecionados ramais onde ocorreram obras nos últimos anos, de substituição total da rede convencional para rede compacta/coberta, que estão isolados individualmente por algum equipamento de proteção, garantindo que a atuação que acontecesse dentro desse trecho fosse exclusivamente causada por algum problema desse ramal, e não por algum outro trecho onde ainda existem partes não isoladas. As informações de cada projeto estão representadas na Tabela 1.

Para explicar a estrutura da Tabela 1, será iniciado pela nota. Na Celesc, todos os projetos de ampliação e melhoria são codificados com uma sequência numérica, iniciando no número 400000000, chamada de “Nota PS”. É esse número que identifica cada projeto e usado como referência para todos os trâmites relacionados, dentro do setor de projetos. O “Eq. Ref.” que é mencionado na planilha é o Equipamento Referência, o qual foi utilizado dentro do sistema SIMO[®] para gerar os relatórios de atuação de equipamento.

Tabela 1 – Projetos selecionados para a pesquisa

NOTA	EQ. REF.	RUA	BAIRRO	CIDADE	DATA CONCLUSÃO
400501064	5834	RUA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS	PONTA AGUDA	BLUMENAU	24/10/2020
400526497	18242	RIBEIRAO RIGO	RIBEIRAO RIGO	DOUTOR PEDRINHO	10/03/2021
400526713	8188	RIO HERTA	RIO HERTA	RIO DOS CEDROS	02/04/2021
400526732	18387	ESTRADA ALTO FORCACAO	FORCACAO	DOUTOR PEDRINHO	11/03/2021
400442141	9757	AGUAS NEGRAS	AGUAS NEGRAS	BOTUVERA	26/11/2020
400450294	9453	RUA ANNA LABES	PROGRESSO	BLUMENAU	31/01/2020

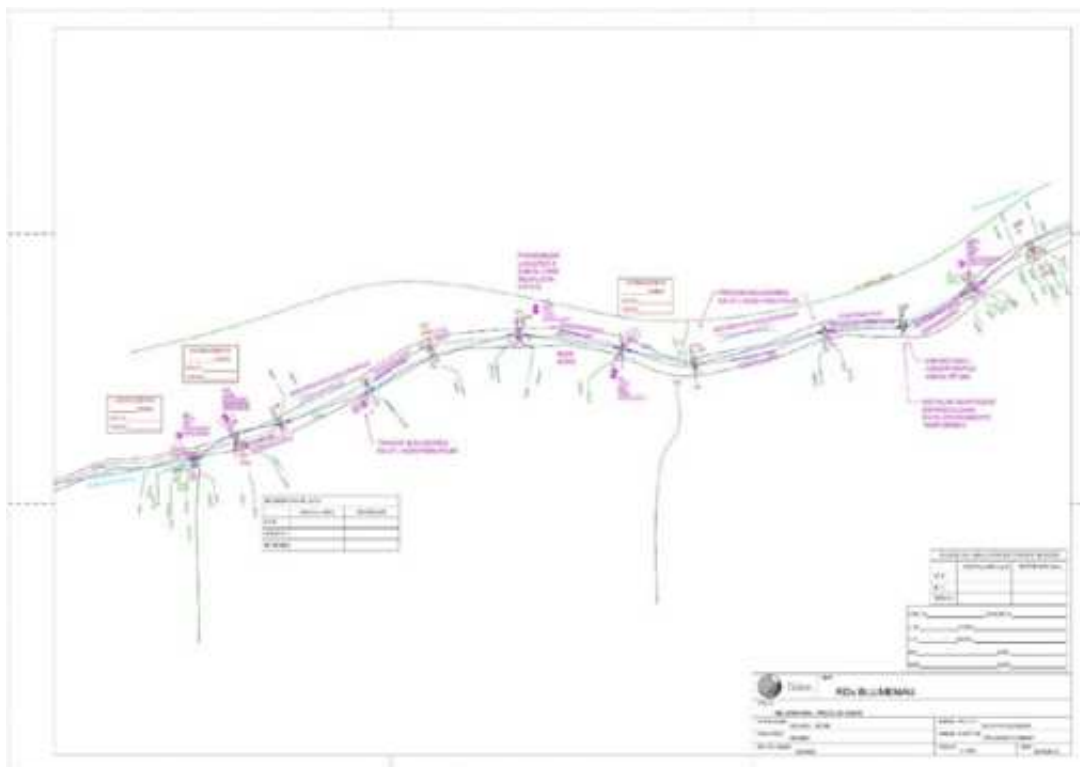
Fonte: o autor

Cada equipamento foi selecionado de maneira que ele tenha um histórico de atuação confiável, que esteja relacionado somente com o trecho onde ocorreu a troca dos condutores. Por fim, os projetos que ficaram dentro dos critérios estabelecidos para as pesquisas foram analisados um a um, para ver se era possível conseguir as informações individuais apenas dos trechos afetados. Ainda constam as informações de localização de onde a obra foi realizada e a data da conclusão exata da substituição dos condutores, para utilizar no cálculo que será feito. Na Figura 12 consta o projeto de substituição de cabos da rua Anna Labes.

A rua Anna Labes é uma rua que possui uma vegetação muito intensa, e mesmo tendo uma pequena quantidade de unidades consumidoras (30 unidades consumidoras, conforme consulta no SIMO[®] no dia 8/10/2021), sempre aconteciam muitas interrupções e necessitava sempre de uma atenção especial no quesito de podas, demandando muito das equipes que cuidam daquela região. Por esse motivo foi decidido efetuar a troca de condutores do trecho arborizado para cabo 1#35mm².

A Figura 13 mostra a quantidade de árvores que existe no local onde a obra foi executada, e nota-se a real necessidade de instalação dos cabos isolados. Num contexto geral, estamos longe de conseguir a confiabilidade ideal do sistema, porém estamos muito melhor do que estávamos há alguns anos.

Figura 12 – Projeto da substituição dos cabos da rua Anna Labes para cabo 1#35mm²



Fonte: Celesc (2020, s. p.)

Figura 13 – Arborização da rua Anna Labes vista por satélite



Fonte: o autor

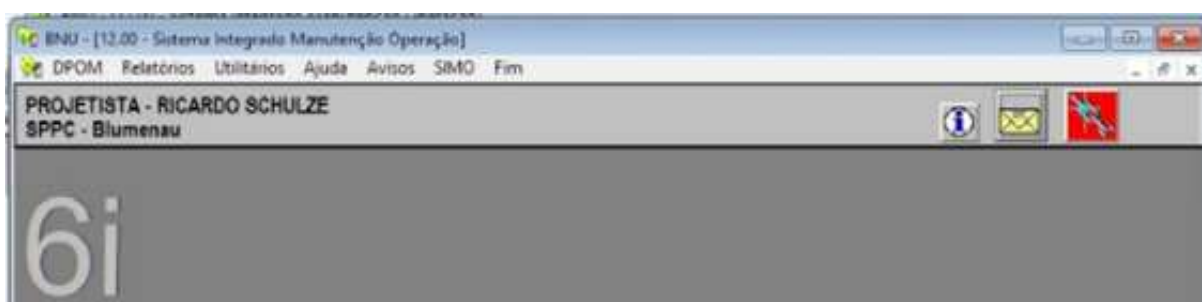
A pesquisa foi feita no sistema SIMO[®], buscando todas as atuações que aconteceram entre a data de 1/1/2010 até a data de 31/07/2021, quando havia sido fechado o relatório oficial do mês de julho de 2021. Para os equipamentos que foram instalados após a data de 1/1/2010, foi considerada como data inicial o dia em que o equipamento foi instalado, conforme a Figura 14 mostra. Todos os equipamentos foram conferidos, e a data de instalação foi colocada conforme especificado.

Figura 14 – Informações do equipamento 18387, data de instalação 18/4/2012

Fonte: SIMO© (2021, s. p.)

Para efetuar a pesquisa de quantidade de atuações, foi aberto o SIMO[®] na tela inicial, conforme Figura 15.

Figura 15 – Tela inicial do SIMO©

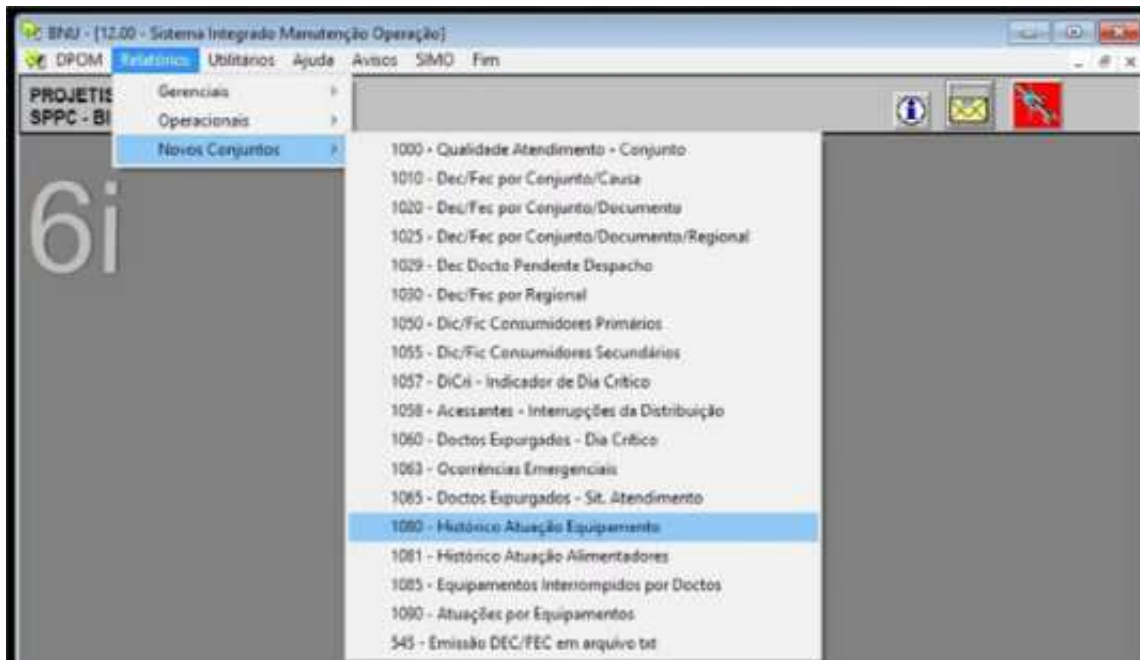


Fonte: Sistema SIMO© (2021, s. p.)

Depois, foi aberto o menu de seleção em “Relatórios”, depois selecionado a opção “Novos Conjuntos” e selecionado a opção “1080 – Histórico de Atuação Equipamento”, conforme mostrado na Figura 16. Este é o relatório que contabiliza todas as atuações dos equipamentos,

separados em categorias, e permite exportar o documento em PDF e arquivo .csv. Com isso, foi possível abrir cada documento no Excel e efetuar os filtros necessários para separar as categorias de atuação definidas.

Figura 16 – Menu de seleção de relatórios do SIMO©



Fonte: Sistema SIMO© (2021, s. p.)

Por fim, foi inserida a data conforme parâmetros estabelecidos, conforme mostrado na Figura 17, e o sistema gerou o relatório com o histórico de atuações.

Figura 17 – Menu do relatório 1080 – Histórico Atuação Equipamento do SIMO©



Fonte: Sistema SIMO© (2021, s. p.)

O relatório gerado, conforme a Figura 18, contém todas as informações necessárias para a execução da pesquisa, que serão filtradas entre as causas definidas. As interrupções ficam salvas no sistema divididas em categorias, como, por exemplo, abalroamentos, condição climática adversa, acidental, e cada tipo de fator que gerou a interrupção recebe um código. As causas que iremos considerar para os estudos são:

62 – Vegetação na Rede.

72 – Meio Ambiente Animal (contato de animais com a rede elétrica).

79 – Não identificada (quando o equipamento atua sem causa visível, mas acaba sendo normalmente gerado por corpos estranhos em contato com a rede).

Figura 18 – Relatório do Histórico Atuação Equipamento 9453 da rua Anna Labes do SIMO©

Documento	Dt. Início	Dt. Final	Tempo (min)	Causa
2452377 0	03/01/2010 05:51	03 06:40	169	61 ABALROAMENTO
2489918 0	10/01/2010 12:03	10 12:04	1	79 NÃO IDENTIFICADA
2504118 0	13/01/2010 11:16	13 11:17	1	62 VEGETAÇÃO NA REDE
2564411 0	26/01/2010 19:39	26 20:42	63	87 CONDIÇÃO CLIMÁTICA ADVERSA
2572327 0	28/01/2010 04:52	28 07:16	144	79 NÃO IDENTIFICADA
2623812 0	09/02/2010 16:36	09 20:14	218	70 DEMANDA ANOMALIA
2624587 0	08/02/2010 17:23	08 18:25	62	87 CONDIÇÃO CLIMÁTICA ADVERSA
2653051 0	13/02/2010 09:08	13 09:47	39	79 NÃO IDENTIFICADA
2665268 0	15/02/2010 18:37	15 19:09	32	87 CONDIÇÃO CLIMÁTICA ADVERSA
2686718 0	18/02/2010 10:24	18 11:46	82	79 NÃO IDENTIFICADA
2709637 0	23/02/2010 16:13	23 16:39	26	87 CONDIÇÃO CLIMÁTICA ADVERSA
2735316 0	01/03/2010 16:54	01 18:55	121	79 NÃO IDENTIFICADA
2760822 0	09/03/2010 16:58	09 16:59	1	2 ACIDENTAL - ALTA TENSÃO DE DISTRIBUIÇÃO CELESC
2780341 0	14/03/2010 09:04	14 09:10	66	61 ABALROAMENTO
2804144 0	20/03/2010 14:35	20 14:40	125	62 VEGETAÇÃO NA REDE

Fonte: Sistema SIMO© (2021, s. p.)

Após a geração do relatório em PDF foi gerado o arquivo .csv, que permite exportar todas as informações para serem trabalhadas no Excel. O processo foi feito para todos os equipamentos e foram gerados todos os arquivos individuais, devidamente renomeados para controle, conforme Figura 19.

Figura 19 – Todos os relatórios gerados

Nome	Tipo
400442141 - EQ 9757 - AGUAS NEGRAS - BOTUVERA.csv	Arquivo de Valores S...
400442141 - EQ 9757 - AGUAS NEGRAS - BOTUVERA.pdf	Adobe Acrobat Docu...
400450294 - EQ 9453 - RUA ANNA LABES - BLUMENAU.csv	Arquivo de Valores S...
400450294 - EQ 9453 - RUA ANNA LABES - BLUMENAU.pdf	Adobe Acrobat Docu...
400501064 - EQ 5834 - RUA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS - BLUMENAU.csv	Arquivo de Valores S...
400501064 - EQ 5834 - RUA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS - BLUMENAU.pdf	Adobe Acrobat Docu...
400526497 - EQ 18242 - RIBEIRAO RIGO - DOUTOR PEDRINHO.csv	Arquivo de Valores S...
400526497 - EQ 18242 - RIBEIRAO RIGO - DOUTOR PEDRINHO.pdf	Adobe Acrobat Docu...
400526713 - EQ 8188 - RIO HERTA - RIO DOS CEDROS.csv	Arquivo de Valores S...
400526713 - EQ 8188 - RIO HERTA - RIO DOS CEDROS.pdf	Adobe Acrobat Docu...
400526732 - EQ 18387 - ESTRADA ALTO FORCACAO - DOUTOR PEDRINHO.csv	Arquivo de Valores S...
400526732 - EQ 18387 - ESTRADA ALTO FORCACAO - DOUTOR PEDRINHO.pdf	Adobe Acrobat Docu...

Fonte: o autor

Então, todas as informações geradas nos relatórios começaram a ser trabalhadas, de forma a contar quantas atuações de cada tipo definido aconteceram dentro do período estipulado, que não foram geradas por fatores externos diferentes das causas 62 – Vegetação na Rede, 72 – Meio Ambiente Animal e 79 – Não identificada. Todas as informações obtidas foram inseridas em uma tabela do Excel, separadas por nota.

Resultados e discussão

Na primeira parte da planilha, foram colocadas todas as datas de maneira que fosse possível calcular o tempo (em meses) que o equipamento ficou instalado na rede antes da obra de substituição de condutores para cabos isolados e o tempo que o equipamento ficou na rede após a obra de substituição dos condutores, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Datas e tempo de instalação do equipamento

NOTA	EQ. REF.	DATA CONCLUSÃO DA OBRA	DATA INICIAL	DATA FINAL	TEMPO ANTES (MESES)	TEMPO DEPOIS (MESES)
400501064	5834	24/10/2020	01/01/2010	31/07/2021	131,63	9,33
400526497	18242	10/03/2021	03/10/2012	31/07/2021	102,67	4,77
400526713	8188	02/04/2021	01/01/2010	31/07/2021	136,97	4,00
400526732	18387	11/03/2021	18/04/2012	31/07/2021	108,30	4,73
400442141	9757	26/11/2020	01/09/2013	31/07/2021	88,10	8,23
400450294	9453	31/01/2020	01/01/2010	31/07/2021	122,73	18,23

Fonte: o autor

Após as informações de datas estarem todas preenchidas, foi contabilizado as causas individuais das interrupções de cada equipamento, e inseridos na planilha, separando as interrupções que aconteceram antes da obra de substituição dos cabos das que aconteceram depois da obra, conforme mostrado na Tabela 3. Por fim, foram somadas todas as interrupções que aconteceram antes da obra de substituição dos cabos (entre si) e, também, as que aconteceram depois da obra. Como pode ser visto, aparentemente teve uma diferença na quantidade de interrupções, mas ainda deve ser calculada a relação de tempo com a quantidade de interrupções.

Finalizando todos os cálculos, foram obtidos os resultados conforme a Tabela 4. Em cada linha, foi feito o cálculo individual de cada nota, fazendo a média ponderada entre as interrupções que aconteceram antes da obra de substituição dos cabos para isolados com o tempo que se passou antes da obra, e, também, a média ponderada entre as interrupções que ocorreram após a obra com o tempo que se passou após a conclusão da obra.

Tabela 3 – Causas e cálculos de soma

NOTA	EQ. REF.	TEMPO ANTES (MESES)	TEMPO DEPOIS (MESES)	CAUSA ANTES	CAUSA DEPOIS	CAUSA 62 ANTES	CAUSA 62 DEPOIS	CAUSA 72 ANTES	CAUSA 72 DEPOIS	CAUSA 79 ANTES	CAUSA 79 DEPOIS	SOMA INTERR. ANTES	SOMA INTERR. DEPOIS
400501064	5834	131,63	9,33	47	1	13	0	87	5	131,63	9,33	131,63	9,33
400526497	18242	102,67	4,77	269	4	11	1	227	6	102,67	4,77	102,67	4,77
400526713	8188	136,97	4,00	105	0	15	0	39	0	136,97	4,00	136,97	4,00
400526732	18387	108,30	4,73	107	0	12	1	240	7	108,30	4,73	108,30	4,73
400442141	9757	88,10	8,23	38	11	4	0	114	4	88,10	8,23	88,10	8,23
400450294	9453	122,73	18,23	67	5	20	2	117	6	122,73	18,23	122,73	18,23
TOTAL	-	690,40	49,30	-	-	-	-	-	-	-	-	1532	43

Fonte: o autor

Por fim, foi calculado a porcentagem de redução das interrupções específicas de cada trecho onde foi feita a melhoria, e conforme era esperado, todas elas apresentaram uma redução significativa na quantidade de interrupções em relação com o período mensurado. Inclusive, na rede localizada no Rio Herta, em Rio dos Cedros, não tivemos mais nenhuma atuação das causas definidas, ocasionando uma redução de 100% nas interrupções.

Tabela 4 – Resultados da pesquisa

NOTA	EQ. REF.	TEMPO ANTES (MESES)	TEMPO DEPOIS (MESES)	SOMA INTERR. ANTES	SOMA INTERR. DEPOIS	MÉDIA PON- DERADA ANTES	MÉDIA PON- DERADA DEPOIS	REDUÇÃO DAS INTERRUPTÕES
400501064	5834	131,63	9,33	131,63	9,33	1,117	0,643	42,43%
400526497	18242	102,67	4,77	102,67	4,77	4,938	2,308	53,27%
400526713	8188	136,97	4,00	136,97	4,00	1,161	0,000	100,00%
400526732	18387	108,30	4,73	108,30	4,73	3,315	1,690	49,01%
400442141	9757	88,10	8,23	88,10	8,23	1,771	0,607	65,70%
400450294	9453	122,73	18,23	122,73	18,23	1,662	0,713	57,10%
TOTAL	-	690,40	49,30	1532	43	2,219	0,872	60,69%

Fonte: o autor

Considerando a média geral, a quantidade de interrupções reduziu de 2,219/mês para 0,872/mês, trazendo uma redução de 60% nas interrupções causadas por vegetação, meio-ambiente animal e causa não identificada. Com isso, pode ser deduzido que a substituição de redes convencionais para redes compactas/isoladas realmente tem um retorno positivo, diminuindo consideravelmente a necessidade de deslocamento de equipes para manutenção/podas e melhorando os indicadores de continuidade de fornecimento de energia. Quanto menos desligamentos, menor será o FEC, e conseqüentemente, menor tempo desligado, menor será o DEC.

Vendo de uma forma mais crítica, 0,872 interrupções por mês ainda é uma quantidade de interrupções considerável, são 10 interrupções por ano. Mas deve-se ter em mente que são regiões com bastante árvores. Talvez, como uma forma para se conseguir reduzir ainda mais estes indicadores, podem ser instalados outros equipamentos, além dos cabos isolados, como, por exemplo, chaves fusíveis religadoras, religadores automáticos ou chaves eletrônicas. Tudo isso tem um custo, e cabe um estudo individual para cada caso.

Esses resultados confirmam a eficiência das redes compactas, e em comparação feita com um estudo de Ribeiro (2008, p. 75), que mostra os benefícios da rede compacta, as empresas que substituíram sua rede de distribuição aérea convencional por redes aéreas compactas obtiveram resultados bastante interessantes, como uma redução de 80,29% nos custos totais de manutenção, reduzindo em torno de 77% as ocorrências de DEC e 73% as ocorrências de FEC. Isso mostra que os resultados obtidos pela rede compacta podem ser ainda melhores do que os que foram observados na pesquisa efetuada neste trabalho.

Considerações finais

A ideia deste estudo era relacionar as diferenças da quantidade de interrupções que ocorrem em uma rede convencional comparando com uma rede compacta com cabos cobertos considerando o mesmo trecho, relacionar o antes e depois e obter resultados positivos. Era esperado que a rede compacta seria ao menos 50% mais eficiente, porém esses resultados foram superados, ficando acima dos 60%.

Os cabos isolados se mostraram viáveis devido a sua robustez e confiabilidade, trazendo uma redução na quantidade de interrupções acidentais e reduzindo custos de manutenção, diminuindo a quantidade de atuações das equipes em reestabelecer a energia e, também, beneficiando os consumidores, fornecendo uma energia mais confiável e contínua.

Referências

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Aneel**, 2015. Falta de energia. Disponível em: <https://bit.ly/3REylEg>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Aneel**, 2016a. Prodist Módulo 8 – Rev. 12 – 2020. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/modulo-8>. Acesso em: 10 out. 2021.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Aneel**, 2016b. Prodist Módulo 1 – Rev. 10 – 2018 – Disponível na internet em: <https://antigo.aneel.gov.br/modulo-1>. Acesso em: 21 nov. 2021.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Aneel**, 2017. Prodist Módulo 11 – Rev. 1 – 2020. Disponível na internet em: <https://antigo.aneel.gov.br/modulo-11>. Acesso em: 10 out. 2021.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Aneel**, 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>. Acesso em: 10 out. 2021.

CELESC. **Manual de procedimentos**. Banco de Dados Georreferenciado. 2022a. Disponível em: <https://bit.ly/403JVMi>. Acesso em: 21 nov. 2021.

CELESC. **Manual Especial**. E-313.0018 – Cabo de Alumínio Nu – CA e CAA. 2022b. Disponível em: <https://bit.ly/3Lp9hAc>. Acesso em: 21 nov. 2021.

CELESC. **Manual Especial**. E-313.0052 – Especificação de Cabos de Alumínio e Cobre Multiplexados com Isolação Extrudada de Polietileno Termofixo. 2022c. Disponível em: <https://bit.ly/3JiSOL9>. Acesso em: 21 de nov. de 2021.

CELESC. **Manual de procedimentos**. I-313.0021 – Critério Para Utilização de Redes de Distribuição. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3Jk4YmS>. Acesso em: 21 nov. 2021.

CELESC. **Manual Especial**. E-313.0085 – Estruturas Para Redes de Distribuição Aérea Com Cabos Cobertos Fixados em Espaçadores – Rede Compacta. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3YU3GFa>. Acesso em: 21 nov. 2021.

INDUSCABOS. **Catálogo de Cabos de Média Tensão**. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3ligVRZ>. Acesso em: 10 out. 2021.

INBRAEP. INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE (Brasil). Importância dos Fundamentos da Eletricidade. **Inbraep**, 4 ago. 2021. Disponível na internet em: <http://bit.ly/3mSq9F9>. Acesso em: 20 nov. 2021.

KOHLMANN, T. **Deutsche Welle**, 2020. Home office deve ser tendência mesmo após a pandemia. Disponível na internet em: <http://bit.ly/3FmhgKm>. Acesso em: 21 nov. 2021.

LEME, D. M. *et al.* **Sistema de Proteção da Rede de Distribuição de Energia Elétrica**. 2013, 77 f. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade São Francisco, Itatiba SP. Disponível em: <https://bit.ly/3yEzQcM>. Acesso em: 21 nov. 2021.

LOPES, R. **Aecweb**, 2021. Fiação subterrânea: vantagens e dificuldades. Disponível em: <http://bit.ly/3FoUgKJ>. Acesso em: 21 nov. 2021.

NEOENERGIA ELEKTRO (Brasil). **Neoenergia elektro**, 2021. Importância da poda de árvores. Disponível em: <https://www.neoenergiaelektro.com.br/sua-casa/importancia-da-poda-de-arvores>. Acesso em: 21 nov. 2021.

RIBEIRO, A. L. **Benefícios da rede de distribuição aérea compacta 15kV**. 2008, 80 f. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade São Francisco, Itatiba SP. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1592.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

SIMO[®]. **Sistema Integrado de Manutenção e Operação**. Sistema Desenvolvido pela Celesc – Departamento de Informática em conjunto com o Departamento de Operação e Manutenção da Distribuição para Integrar as Áreas da Distribuição. Blumenau: Celesc, 2021.

SULLTEC GERADORES. 5 Problemas Causados Pela Queda da Rede Elétrica. **Blog sulltec geradores**, 2020. Disponível em: <http://bit.ly/3YNWkTg>. Acesso em: 21 nov. 2021.

ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO DA PERICULOSIDADE EM UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CHARACTERIZATION ANALYSIS OF HAZARDOUSNESS IN AN ELECTRIC POWER DISTRIBUTION NETWORK

Eulane Almeida Silva¹

Jady Mirly Nogueira Morasche¹

João Lucas de Souza Lopes¹

Natanael expedito Reis Lopes¹

Bruna Cristina Ramos Faustino²

Resumo: As redes de distribuição fazem parte de um segmento do setor elétrico que, junto das subestações de transformação, são dedicadas ao rebaixamento do sistema de transmissão, a conexão de centrais geradoras e ao fornecimento aos consumidores de energia elétrica. O estudo tem como objetivo realizar uma caracterização para fins didáticos e de assistência técnica da Periculosidade, com foco na função de eletricista que realiza atividades em uma rede de distribuição de energia elétrica em alta tensão. A metodologia utilizada foi de análise bibliográfica de abordagem qualitativa com entrevista não estruturada. Será realizada pesquisa em livros, artigos, legislação e normas técnicas, além de utilizar critérios estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras Brasileiras como a NR 16 e a NR 10. O resultado obtido no estudo foi que a atividade de manutenção em rede de distribuição de energia elétrica de alta tensão é realizada de modo habitual, de forma preventiva e corretiva ou quando é necessária a montagem ou instalação de novas instalações elétricas. Além disso, os trabalhadores utilizam como medidas de controle, equipamentos de proteção individual (EPI) e Equipamento de proteção coletiva (EPC). Entretanto, esses EPI's e EPCs não eliminam a periculosidade, pois não neutralizam completamente o risco e a periculosidade é inerente a atividade. Portanto, é possível concluir que o eletricista avaliado possui exposição habitual em alta tensão e se enquadra na descrição de atividades e áreas de risco da NR-16. Desse modo, o mesmo terá direito ao recebimento do adicional de periculosidade de 30% sobre o salário base.

Palavras-chave: Periculosidade. Eletricidade. NR16.

Abstract

Distribution networks are part of a segment of the electricity sector that, together with transformer substations, are dedicated to lowering the transmission system, connecting generating stations, and supplying electricity to consumers. The study aims to carry out a characterization for didactic and technical assistance purposes of dangerousness, focusing on the role of an electrician who performs activities in a high-voltage electricity distribution network. The methodology used was a bibliographic analysis of a qualitative approach with an unstructured interview. The research will be carried out in books, articles, legislation, and technical standards, in addition to using criteria established by Brazilian Regulatory Standards such as NR 16 and NR 10. The result obtained in the study was that the maintenance activity in the high voltage electricity distribution network is carried out regularly, in a preventive and corrective way, or when the assembly or installation of new electrical installations is necessary. In addition, workers use personal protection equipment (PPE) and collective protection equipment (CPE) as control measures. However, these PPEs and EPCs do not eliminate dangerousness, as they do not completely neutralize the risk and dangerousness inherent in the activity. Therefore, it is possible to conclude that the assessed electrician has regular exposure to high voltage and fits the description of activities and risk areas of NR-16. Thus, the electrician is entitled to receive an additional for hazardous work of 30% of the base salary.

Keywords: Dangerousness. Electricity. NR16.

¹ Acadêmicos do Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, Indaial, SC, eulane.almeida@gmail.com, nogueira.morasche@gmail.com, souzalopesjoaolucas@gmail.com, Natanaellopes048@gmail.com

² Mestre em Eng. Ambiental, Eng. de Segurança do Trabalho, Ergonomista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Professor tutor externo do Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, Indaial, SC, brunacrfaustino@gmail.com

INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de ensino profissionalizante (INBRAEP), as redes de distribuição são caracterizadas como o segmento do setor elétrico que, junto das subestações de transformação, é dedicado ao rebaixamento das provenientes do sistema de transmissão, a conexão de centrais geradoras e ao fornecimento de energia elétrica aos consumidores. (INBRAEP, 2021).

O eletricitista é o profissional que realiza serviços de instalações, vistorias e reparos em sistemas elétricos, sendo responsável por cuidar das instalações industriais, de estações e subestações sejam residenciais ou prediais. Desse modo, o eletricitista se torna um importante cargo no setor de distribuição de energia elétrica, porém apresenta diversos riscos ocupacionais como: risco de choque elétrico devido à exposição a energia elétrica, queimaduras, quedas e precipitações, campo eletromagnéticos, risco ergonômico de postura inadequadas, explosões, incêndios e choque acústico, risco de ataque de insetos, riscos em ambiente fechado entre outros (MATTEDE, 2014).

De acordo com o glossário da NR 10 (Segurança em instalações e serviços em eletricidade), alta Tensão (AT), “é a tensão superior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra”. (BRASIL, 2019b, p. 11).

A tensão elétrica está relacionada a diferença de potencial elétrico entre dois pontos, ou seja, a força que é necessária para que uma corrente elétrica seja criada. Nesse sentido, a alta tensão, que também é chamada de alta voltagem, refere-se à elevada diferença entre esse potencial. Normalmente, o nível de tensão elevado é utilizado para o transporte de energia das centrais até aos centros urbanos por meio das redes de distribuição. Entretanto, essa alta tensão ocasiona sérios riscos para a segurança do ser humano. Por isso, as linhas de transmissão precisam possuir bons isolamentos de modo a evitar que ocorra curtos-circuitos ou descargas elétricas, que podem se transformar em choques elétricos letais para o corpo humano. Além disso, investigações de acidentes demonstram que estar próximo as locais de redes de alta tensão podem causar graves problemas de saúde nos seres humanos como: tumores, depressão e problemas cardíacos (GOLDENERGY, 2022).

De acordo com o item 16.1 da Norma Regulamentadora (NR16) são consideradas atividades e operações perigosas as que constam nos anexos da NR16. (BRASIL, 2019a).

Para NR16 item 16.2 “O exercício de trabalho em condições de periculosidade assegura ao trabalhador a percepção de adicional de 30% (trinta por cento), incidente sobre o salário, sem os acréscimos resultantes de gratificações, prêmios ou participação nos lucros da empresa” (BRASIL, 2019a, p. 1).

Em relação aos profissionais do setor elétrico, o anexo 4 da NR16 dispõe das atividades e operações perigosas com energia elétrica (BRASIL, 2019a). Segundo o anexo 4 da NR16 tem direito ao adicional de periculosidade os trabalhadores:

- a) que executam atividades ou operações em instalações ou equipamentos elétricos energizados em alta tensão;
- b) que realizam atividades ou operações com trabalho em proximidade, conforme estabelece a NR10;
- c) que realizam atividades ou operações em instalações ou equipamentos elétricos energizados em baixa tensão no sistema elétrico de consumo - SEC, no caso de descumprimento do item 10.2.8 e seus subitens da NR10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- d) das empresas que operam em instalações ou equipamentos integrantes do sistema elétrico de potência - SEP, bem como suas contratadas, em conformidade com as atividades e respectivas áreas de risco descritas no quadro I deste anexo. (BRASIL, 2019a, p. 14).

Segundo Wartchow (2017), os serviços realizados no Sistema Elétrico de Potência (SEP) corresponde a aproximadamente 5% das tarefas que estão relacionadas a eletricidade no Brasil e, salvo algumas exceções, são realizados pelos profissionais de concessionárias. Esses profissionais estão expostos diariamente a altos riscos, que podem causar acidentes com lesões graves ou morte. Por isso, esses trabalhadores precisam de mais do que atenção redobrada, mas sim de uma impecável gestão na área de segurança e saúde no trabalho, incluindo a adoção de medidas de proteção coletiva e individuais. Entretanto, quando a proteção coletiva for tecnicamente inviável ou insuficiente, devem ser utilizados os Equipamentos de Proteção Individual. Além disso, o eletricitista que atua em rede de distribuição possui um potencial de alto risco, devendo esse ter capacidade de raciocínio lógico preservada, alta capacidade de adaptação, seguimento de normas e regras, foco perante as tarefas a serem executadas, bem como boa capacidade de trabalhar sob pressão, cumprindo procedimentos, metas e prazos institucionais (GOMES; BERTONI, 2022).

O estudo tem como objetivo realizar uma caracterização para fins didáticos e de assistência técnica da Periculosidade, com foco na função de eletricitista que realiza atividades em uma rede de distribuição de energia elétrica em alta tensão.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse estudo foi de revisão bibliográfica de abordagem qualitativa com entrevista não estruturada. Será realizada pesquisa em livros, artigos, legislação e normas técnicas, além de utilizar critérios estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras NR 16 e a NR 10. Será realizado ainda um estudo de caso avaliando a atividade de um eletricitista.

Na Figura 1, é apresentado um eletricitista que terá a sua atividade avaliada realizando a manutenção em cabos de rede de alta tensão.

Figura 1 – Eletricitista realizando manutenção em rede de alta tensão



Fonte: Portalprudentino (2019)

Resultados e discussão

Foi identificado durante a entrevista não estruturada que o eletricitista realiza a atividade de manutenção e conserto da rede de alta tensão. Essa atividade ocorre de forma habitual, sendo realizada a manutenção em rede de distribuição de energia elétrica de alta tensão de forma preventiva e corretiva ou quando é necessária a montagem ou instalação de novas instalações elétricas.

Os trabalhadores utilizam como medidas de controle - Equipamento de proteção coletiva (EPC) como mantas isolantes entre outras, e equipamentos de proteção individual (EPI). Dentre os EPI's podem ser citados as botas de segurança isolante, luva isolante; capacete de classe B; Cinto de segurança e protetor facial contra arco elétrico. Além disso, deve ser ter atenção durante a seleção da vestimenta do trabalhador para proteção do tronco e membros

superiores com o devido valor de *Arch Thermal Performance Value* (ATPV) que é determinado em calorias (cal) por centímetro quadrado (cm²) da proteção conferida pelo tecido ao efeito térmico proveniente de um arco elétrico, de modo que esse EPI possa ser eficiente para a redução do risco. Entretanto, esses EPI's e EPCs não eliminam a periculosidade, pois não neutralizam completamente o risco e a periculosidade é inerente a atividade. Trata-se de equipamentos que devem ser utilizados pelos colaboradores para redução e minimização dos danos decorrentes de acidentes e doenças ocupacionais.

Considerações finais

O adicional de periculosidade é um direito garantido por lei ao trabalhador na qual realiza atividades em alta tensão, fazendo-se jus ao recebimento do adicional de periculosidade.

Portanto, com base na avaliação das normativas brasileiras, é possível concluir que o eletricitista avaliado com exposição habitual em alta tensão se enquadra na descrição de atividades e áreas de risco da NR-16 - anexo 4 devido ao perigo ser intrínseco a sua atividade. Desse modo, o mesmo terá direito ao recebimento do adicional de periculosidade de 30% sobre o salário base.

Referências

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora 16– Atividades e operações perigosas**. Brasil: Ministério do Trabalho e Previdência. 2019a. Disponível em: <https://bit.ly/3ThXzt6>. Acesso em 28 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora 10–Segurança em instalações em serviços de eletricidade**. Brasil: Ministério do Trabalho e Previdência. 2019b. Disponível em: <https://bit.ly/3LjJWrh>. Acesso em 18 maio 2022

GOLDENERGY, Glossário, **Alta Tensão**. 2022. Disponível em: <https://goldenergy.pt/glossario/alta-tensao/> Acesso em 13 maio 2022

GOMES, J. B.; BERTONI, L. M. Bebidas alcoólicas e o desempenho de funções de alta periculosidade: um estudo com eletricitistas de rede de distribuição no interior da Bahia. **Revista Valore**, v. 7, p. 140-155, 2022.

INBRAEP - INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE. **Definição dos Fundamentos de Rede de Distribuição**. Santa Catarina: Equipe INBRAEP, 2021. Disponível em: <http://bit.ly/3ZDmBFf>. Acesso em: 25 abr. 2022.

MATTEDE, H. Mundo da Elétrica. **Quais riscos correm os eletricitistas além do choque elétrico?**. 2014. Disponível em: <http://bit.ly/3mSWewJ>. Acesso em: 25 abr. 2022

PORTAL PRUDENTINO. **Energisa abre inscrições para curso de formação de eletricitistas**. 2019. Disponível em: <http://bit.ly/3JfSzAy>. Acesso em: 15 set. 2022

WARTCHOW, M. **Trabalho em alta tensão: Profissão perigo**. Revista Proteção. Novo Hamburgo RS, Brasil. 2017 atualizada em 2020. Disponível: <https://protecao.com.br/destaques-da-revista-protecao/trabalho-em-alta-tensao-profissao-perigo/>. Acesso em: 13 maio 2022.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TURBINAS EÓLICAS DE DIFERENTES FABRICANTES

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN WIND TURBINES FROM DIFFERENT MANUFACTURERS

Jéssica Rodrigues Rabelo¹

Giovanni Gueler Dalvi²

Resumo: As energias renováveis têm recebido cada vez mais destaque no mundo atual, suas fontes inesgotáveis de energia alinhadas à redução de resíduos no meio ambiente justificam o crescimento visto nos últimos anos. A energia eólica em especial, vem impactando positivamente no Brasil em áreas onde a principal forma de gerar energia elétrica (hidrelétricas) não é viável. Com um dos melhores potenciais eólicos do mundo, faz-se necessário a análise de modelos de aerogeradores presentes no mercado, com este comparativo, dados técnicos disponibilizados por duas fabricantes de aerogeradores são utilizados e aplicados em um cenário com dados reais de velocidades do vento e cálculo da distribuição de Weibull. Consideradas as pequenas variações entre as fabricantes, o resultado de certa forma é esperado, pois a competitividade a níveis técnicos e econômicos se mostra acirrada no mercado de geração e distribuição.

Palavras Chave: Energias Renováveis. Energia Eólica. Geração de Energia. Aerogerador.

Abstract

Renewable energies have received more and more prominence in today's world, their inexhaustible sources of energy aligned with the reduction of waste in the environment justify the growth seen in recent years. Wind energy in particular has had a positive impact in Brazil in areas where the main form of generating electricity (hydroelectric plants) is not viable. With one of the best wind potentials in the world, it is necessary to analyze wind turbine models on the market, with this comparison, technical data provided by two wind turbine manufacturers are used and applied in a scenario with real data of wind speeds and calculation of the Weibull distribution. Considering the small variations between manufacturers, the result is to a certain extent expected, as competition at technical and economic levels is fierce in the generation and distribution market.

Keywords: Renewable energy. Wind Energy. Power generation. Wind turbine.

Introdução

A busca constante por formas de geração de energia limpa vivida atualmente, trouxe grandes benefícios para a sociedade como um todo. O desenvolvimento de tecnologias mais competitivas, e que demandem menos investimentos, acaba por refletir na economia de uma forma geral.

De acordo com o site do Ministério de Minas e Energia (2020), o país possui uma matriz energética predominantemente renovável, sendo a geração hidráulica a principal fonte de energia. No entanto, outras formas de geração vêm ganhando destaque, uma delas é a Eólica.

A energia eólica no Brasil ganhou visibilidade após a crise energética ocorrida no país em 2001 decorrente da falta de investimentos em Geração e Distribuição. Por ser uma alternativa com prazo relativamente baixo de implantação e depender apenas da força do vento, mostrou-se ideal para os estados do Nordeste do país, que possuem os melhores ventos do mundo segundo a ABEEólica (2020).

A atualidade do tema no mercado de geração de energia, faz com que grandes empresas enxerguem o país como um grande comprador em potencial de suas turbinas eólicas (SIMAS;

¹ Estudante do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Leonardo da Vinci.

² Prof. Ms. do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Leonardo da Vinci, giovanni.dalvi@uniasselvi.com.br

PACCA, 2012). E é neste contexto que surgem as mais variadas opções de turbinas com diferentes alturas, tamanhos, potências e rendimentos.

É nessa perspectiva que surge a necessidade de uma análise de aerogeradores de fabricantes diferentes, porém com a mesma potência, visando destacar as características técnicas que influenciam diretamente na geração e aproveitamento da energia dos ventos.

O objetivo deste artigo é avaliar a eficiência elétrica de dois aerogeradores de fabricantes diferentes, a fim de se analisar de forma intrínseca seus pontos em comum e quais divergências podem ser significativas com relação a geração de energia.

Referencial teórico

Eficiência energética

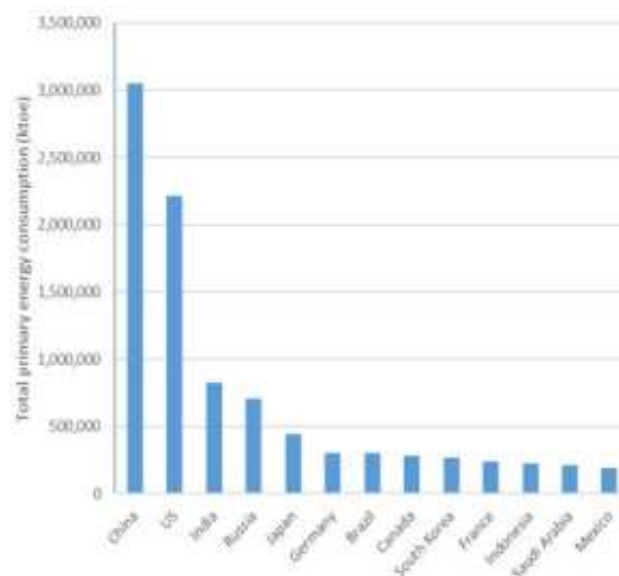
Pode-se dizer que a eficiência energética é o método de aproveitamento de energia que busca a conscientização, a fim de utilizar racionalmente essa eficiência para atingir um determinado resultado (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia-ABESCO, 2020).

Segundo o site Ecologia e Ação (FARIAS, 2018), o investimento em eficiência energética traz ganhos em diversos aspectos, como o fato de permitir que o país se desenvolva reduzindo a necessidade de altos investimentos.

Tendo comprovado os seus benefícios e o fato de que poderá ser a única alternativa para atender a demanda por energia que cresce em todo o mundo, a eficiência energética permanece sendo subaproveitada, mesmo com a demanda de energia projetada com 30% de crescimento até 2040 (ALVAREZ *et al.*, 2018, p. 1).

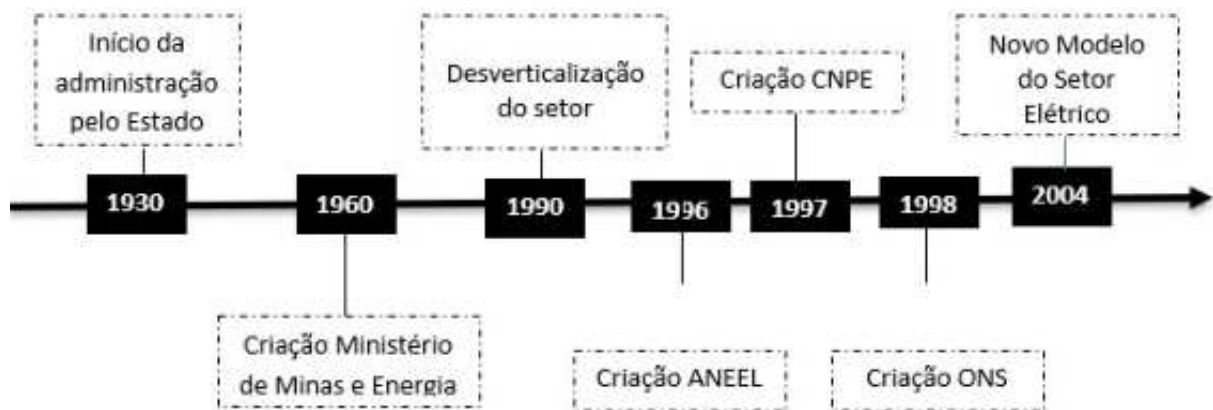
Em um *ranking* global de eficiência energética publicado pela *American Council for an Energy-Efficient Economy* (ACEEE) em 2018, o Brasil figura como 20º colocado dentre os 25 países analisados: “Usamos 36 métricas para avaliar o compromisso nacional de cada país em economizar energia, bem como suas políticas de eficiência e desempenho nos setores de edifícios, indústria e transporte” (ALVAREZ *et al.*, 2018, p. 1). Atendo-se ao fato de que o país se encontra na 7ª posição entre os países que mais consomem energia elétrica no mundo (Figura 1), o cenário é ainda mais preocupante.

Figura 1 – Consumo total de energia primária dos principais consumidores no mundo



Fonte: adaptada de Alvarez *et al.* (2018)

Linha do tempo sistema elétrico brasileiro



- **1930:** inicialmente administrado por empresas privadas, o Sistema Elétrico Brasileiro sofreu com as crises dos anos 20. Após a quebra da Bolsa de Nova York em 1929, o Sistema passa a ser administrado pelo Estado nos anos 30. Diante disto, o Estado cria empresas para atuar no setor, além de transformar em estatais empresas já existentes atuantes no ramo.
- **1960:** é criado o Ministério de Minas e Energia (MME), responsável pela condução das políticas energéticas do país (BRASIL, [2019?]).
- **1990:** tendo em vista que a mesma empresa poderia atuar em várias etapas da Geração a Distribuição de Energia, tem-se a década de 90 como início do processo de desverticalização do setor. Sendo possível a participação de empresas públicas e privadas neste processo. Nessa mesma década, houve a criação de alguns órgãos responsáveis pelo monitoramento e administração do Sistema Elétrico, dentre eles, pode-se citar:
 - **1996:** Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia com regime especial, que possui a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, além de definir as tarifas de energia elétrica (Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996).
 - **1997:** Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), vinculado ao Presidente da República, o Ministro de Minas e Energia é o responsável por este órgão criado em 1997, que dentre suas responsabilidades possui assegurar o suprimento de insumos energéticos a todo o país, promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos, além de garantir o atendimento à demanda nacional de energia elétrica (Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997).
 - **1998:** Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), tendo por objetivo controlar o Sistema Elétrico Nacional (SIN), a ONS foi criado em 1998 para garantir a qualidade e economicidade do suprimento de energia elétrica (Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998).
- **2004:** ocorreu a implantação do Novo Modelo do Setor elétrico, o qual umas das suas principais alterações foi a de que venceria o leilão da concessão de novos empreendimentos para a geração, o investidor que oferecesse o menor preço para a venda da produção das futuras usinas. Tendo assim, uma retomada do planejamento estratégico do Sistema Elétrico Brasileiro (NUNES; ABREU; ANTUNES, 2003).

Atualmente, o sistema é altamente interligado (Figura 2), porém até 1998 ele era constituído apenas pelos sistemas de transmissão Norte/Nordeste e Sul/Sudeste, que até então operavam individualmente, com a inserção do primeiro circuito de Interligação Norte-Sul, formou-se o SIN (DOMINGUES, 2003).

Algumas características do SIN podem ser destacadas a seguir:

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte (ONS, 2020).

Figura 2 – Mapa Dinâmico do SIN



Fonte: ONS (2020)

Segundo o Atlas de Energia Elétrica no Brasil, produzido pela ANEEL em 2008, as Usinas Hidrelétricas no Brasil em 2006 responderam por 83,2% de participação na geração de energia

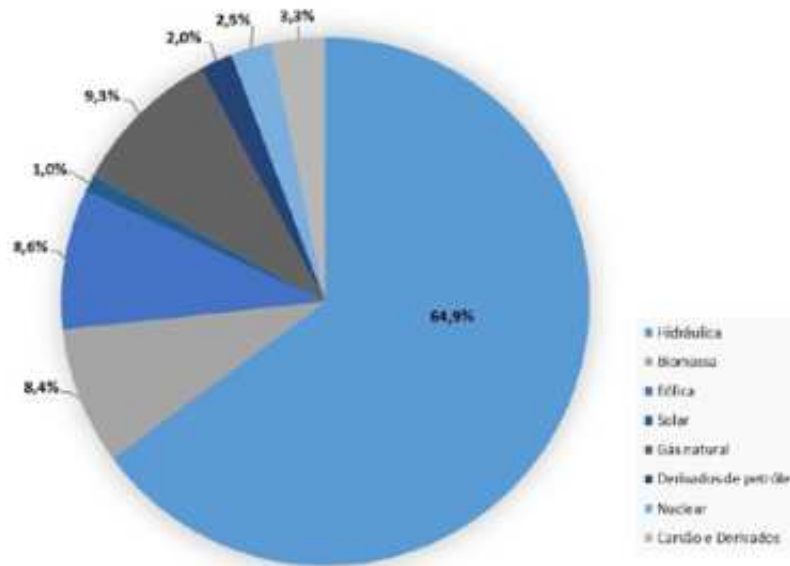
Já em 2019, analisando dados fornecidos pelo Balanço Energético Nacional de 2020 (BEN), observa-se na Figura 3 que a Matriz Elétrica Brasileira passa a se diversificar, com destaque para as energias renováveis, possuindo 82,9% de participação na geração de energia, sendo 64,9% provenientes de Hidrelétricas.

Energias renováveis

“Energia renovável é uma expressão usada para descrever uma ampla gama de fontes de energia que são disponibilizadas na natureza de forma cíclica” (CUNHA; PRATES, 2005, p. 7). Ou seja, é uma fonte utilizada na geração de energia, porém se renova ou retorna para a natureza sem causar grandes prejuízos ao meio ambiente.

A geração da energia considerada limpa é de grande importância, pois o consumo de energia elétrica cresce a passos largos, de acordo com o Caderno de Demanda de Eletricidade (EPE, 2018) até 2032 espera-se um crescimento de 69,35% no consumo de energia elétrica no Brasil, cerca de 3,6% ao ano.

Figura 3 – Matriz Elétrica Brasileira 2019



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2020)

No Brasil, devido à grande disponibilidade de recursos hídricos, a geração de energia elétrica através das Usinas hidrelétricas, contribui para o elevado índice de consumo de energia limpa no país. As energias renováveis utilizadas no Brasil, dividem-se em: Biomassa, Hidráulica, Marítima (apenas para estudo), Solar e Eólica.

- Biomassa: “Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa”(ANEEL, 2008). No caso dessa forma de geração de energia sustentável, a matéria orgânica em decomposição, gera um “produto” intermediário, este é queimado em uma caldeira e o vapor gerado inicia o movimento mecânico que acionará o gerador de energia elétrica.
- Hidráulica: a energia hidráulica é a responsável por uma fatia considerável de geração de energia elétrica no Brasil, ela é gerada através da rotação da turbina, que movimentada pelo fluxo d’água, faz girar o rotor do gerador, cujo campo magnético, ao se deslocar, produz energia elétrica (ITAIPU, 2020).
- Marítima: “Para a geração de energia elétrica, entre os aspectos importantes considerados como vantagens sobre outras fontes renováveis estão a previsibilidade e a constância desses recursos naturais” (SPE/MME, 2007). Podendo ser gerada de duas formas, através de construção de barragens para marés ou extração a partir do fluxo da água.
- Solar: “[...] é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão.” (PINHO *et al.*, 2014).
- Eólica: “Através das turbinas eólicas, a energia cinética contida no vento é convertida em energia mecânica pelo giro das pás do rotor e transformada em energia elétrica pelo gerador” (MARTINS; GUARNIERI; PEREIRA, 2008, p. 8)

Apesar das Usinas Hidrelétricas possuírem uma grande participação na geração de energia renováveis, outras fontes estão se expandindo no país, é o caso da energia eólica que segundo dados do EPE no Balanço Energético Nacional de 2019 (2020) houve um aumento de 15,5% na produção de energia em relação ao ano anterior.

Energia eólica

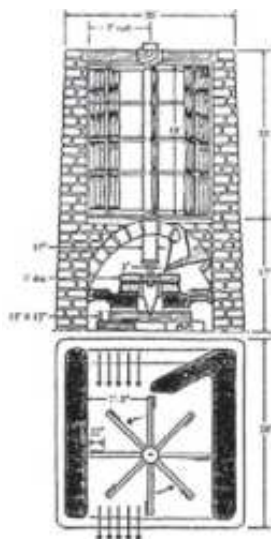
Há dúvidas de quando exatamente surgiram as primeiras aplicações da força dos ventos, o que se sabe, é que ela vem sendo adotada como fonte de energia a pelo menos 3000 anos, um dos exemplos são os moinhos de vento que serviam para o bombeamento de água e moagem de grãos (FADIGAS; AMARAL, 2011).

A Figura 4 representa os primeiros moinhos de vento que se ouviu falar, os moinhos com eixo na vertical. Este modelo de moinho surgiu da necessidade da não utilização de força humana ou animal para o movimento do moinho, assim como a falta de rios em determinadas regiões, sendo a força dos ventos o único recurso prático e disponível.

“No século XI, comerciantes e cruzados, ao retornarem de suas missões, difundiram na Europa a tecnologia desses moinhos, que eram utilizados até então na produção de alimentos no Oriente Médio” (MAUAD; FERREIRA; TRINDADE, 2017, s. p.). Após esta difusão na Europa, conforme os Europeus conquistavam novas terras, levavam consigo suas tecnologias e conhecimentos, dentre elas o moinho de vento, que passou a bombear água em maior escala.

Em países onde a drenagem de água era necessária, percebe-se um maior desenvolvimento da tecnologia dos moinhos, a Holanda por exemplo, utilizou-se desta ferramenta para drenar suas terras que eram abaixo do nível do mar (CRESESEB, 2017 *apud* SHEPHERD, 1994). E é neste cenário que surge no século XVI os moinhos de vento utilizados para a produção de óleos vegetais e fabricação de papel.

Figura 4 – Moinho de vento persa, modelo vertical



Fonte: adaptada de Fadigas (2011 *apud* DUTRA, 2001)

A utilização em larga escala, entretanto, não foi o suficiente para evitar que os moinhos de vento caíssem em declínio com o surgimento da máquina a vapor. Marcando assim não o fim de uma era, e sim o início de uma nova forma de utilização desta tecnologia.

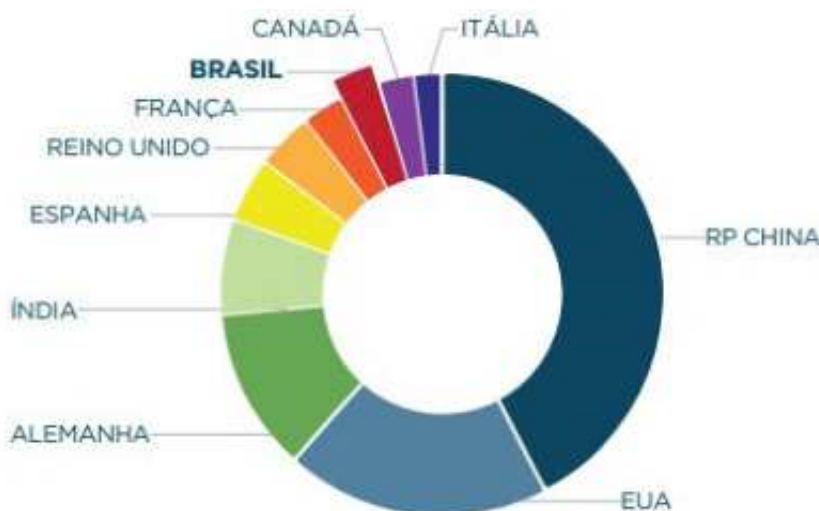
No Brasil, essa forma de energia obteve um crescimento lento, porém contínuo desde a década de 70. A exploração da energia eólica ganhou forças com a crise energética de 2001, quando a falta de investimento em geração e distribuição alinhados a escassez de chuva, gerou um apagão com prejuízo de R\$ 54,2 bilhões. (PINTO, 201-)

Panorama atual

A energia eólica vem em um constante crescimento nestes últimos anos no mundo, porém ainda representa pouco do total de energia elétrica gerada mundialmente. O Brasil, segundo o Boletim Anual de Energia Eólica 2018 (ABEEólica, 2019) encontra-se na 8ª posição no ranking mundial de energia eólica acumulada (Figura 5) elaborado pela *Global Wind Energy Council* (GWEC).

Em um comparativo feito pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2019) pode-se observar um crescimento de 14,7% na geração de energia eólica. Esta comparação foi feita utilizando dados de janeiro a agosto de 2019 onde a geração foi 5.501,52 MW enquanto no mesmo período de 2018 gerou-se 4.794,91 MW.

Figura 5 – Top 10 de capacidade eólica acumulada 2018



Fonte: ABEEólica (2020 *apud* GWEC, 2019, s. p.)

Na Figura 6, observa-se o crescimento gradual da capacidade instalada no Brasil, assim como uma forte tomada neste tipo de geração a partir de 2015.

Atualmente, o Brasil conta com 619 usinas, capacidade instalada de 15,4 GW, e mais 2,0 GW em construção, sendo 80% destes parques eólicos encontrados na região Nordeste que possui os melhores ventos do mundo para produção eólica (ABEEólica, 2019).

A complexidade do desenvolvimento de tecnologias que possam gerar uma maior eficiência ou em componentes que aumentem a geração de energia, acaba por impactar no preço final do aerogerador, este por sua vez torna-se o equipamento com o maior valor agregado em uma usina.

Figura 6 – Evolução da capacidade instalada da fonte eólica



Fonte: ABEEólica (2019)

Distribuição dos ventos

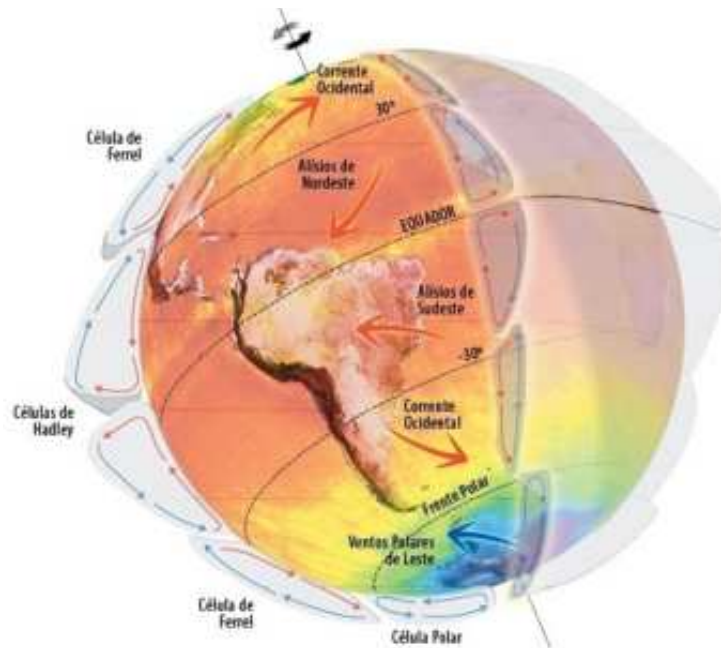
Os ventos são movimentos de ar na atmosfera em grande escala. Estes movimentos se criam em escala global, devido ao aquecimento da superfície terrestre de formas diferentes (NAVALES, 2011).

Na Figura 7, é mostrado como se dá o aquecimento na superfície terrestre e como os ventos se comportam com estas diferenças de temperatura entre Equador e Polos, cordilheiras e vales, mar e terra.

Segundo Matias (201-) devido à radiação solar ocorrer de forma desigual em nosso planeta, a região da linha do Equador acaba por receber mais raios solares e consequente ser mais quente. Esta variação de temperatura entre a região da linha do Equador e dos círculos polares é responsável por gerar regiões com diferentes pressões atmosféricas, resultando no deslocamento das massas de ar de um lugar com alta pressão atmosférica para outro com baixa pressão atmosférica.

Devido à grande proximidade do Nordeste do Brasil da linha do Equador, a região se torna mais propensa a receber investimentos que explorem seu potencial eólico, assim como já vem acontecendo.

Figura 7 – Circulação atmosférica



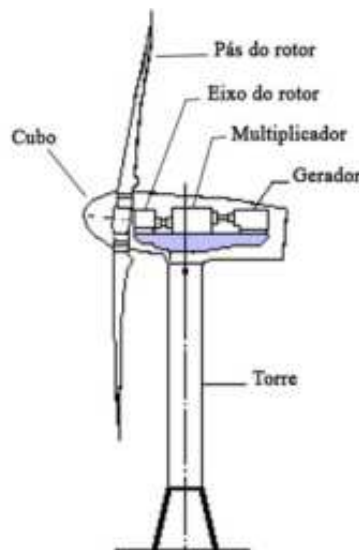
Fonte: Atlas Eólico da Bahia (2013)

Aerogeradores de eixo horizontal

No início da aplicação da energia eólica, eram muitos os modelos disponíveis de turbinas, elas poderiam ser: com gerador de indução, gerador síncrono, eixo vertical, eixo horizontal, com uma, duas ou três pás e assim por diante. Entretanto, um modelo específico acabou por se consolidar, com as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não-flexível (REGUEIRO *et al.*, 2005).

De acordo com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRE-SESB, 2008), os principais componentes de um aerogerador de eixo horizontal são: Cubo, Rotor, Eixo, Multiplicador, Gerador, Nacelle e Torre, Figura 8.

Figura 8 – Componentes de um aerogerador de eixo horizontal



Fonte: Picolo; Ruhler; Rampinelli (2014, s. p.)

Nacelle

“É a carcaça montada sobre a torre, onde se situam o gerador, a caixa de engrenagens (quando utilizada), todo o sistema de controle, medição do vento e motores para rotação do sistema para o melhor posicionamento em relação ao vento” (CRESESB, 2008).

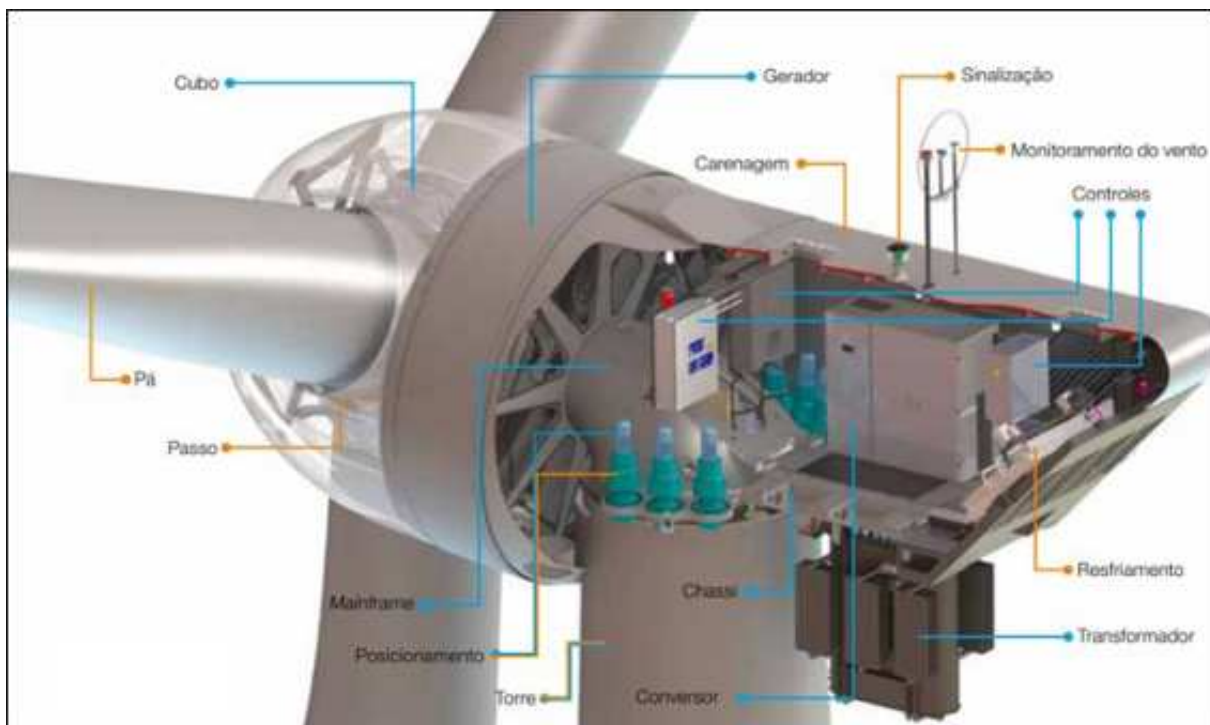
Na Figura 9 pode-se visualizar a Nacelle internamente, assim como os equipamentos presentes em seu interior.

Pás, Cubo e Eixo

As pás têm por objetivo converter a energia dos ventos em energia mecânica, seu perfil aerodinâmico alinhado a materiais leves e resistentes constituem um dos principais componentes do aerogerador (PICOLO; RUHLER; RAMPINELLI, 2014).

No cubo são fixadas as pás, este por sua vez é construído em aço ou liga de alta resistência. Ao ser anexado a Nacelle, o cubo possui um eixo que é responsável pela transmissão da energia mecânica gerada pelas pás (CRESESB, 2008).

Figura 9 – Vista Interna Nacelle



Fonte: WEG (2018)

Transmissão e Caixa Multiplicadora

Inserida entre o rotor e o gerador, a caixa multiplicadora também conhecida como caixa de engrenagens possui por finalidade aumentar a rotação proveniente do rotor para o gerador que possui rotações mais elevadas.

Alguns modelos de aerogeradores já podem ser vistos sem a caixa multiplicadora, a mesma foi substituída por geradores multipolos que possuem baixa velocidade e grandes dimensões (CRESESB, 2008).

Gerador

Responsável por transformar energia mecânica em energia elétrica, os geradores presentes nos sistemas eólicos acabam por apresentarem determinados problemas envolvendo variações de vento, torque de entrada e demais pendências que surgem devido a sua aplicabilidade em altura e condições variáveis.

“Nos parques eólicos atuais, os geradores mais utilizados são os geradores de indução trifásico gaiola de esquilo (GIGE), de indução com rotor bobinado (GIRB), de relutância variável e síncronos (GS)” (FILHO; CARDOSO, 2014).

Torre

Necessária para a sustentação de toda a estrutura que necessita estar a uma determinada altura do solo, a torre pode ser feita de aço, concreto ou aço galvanizado dependendo de sua forma de construção (cônica ou treliçada).

Sua altura também pode determinar o potencial eólico que pode ser aproveitado, um exemplo são os estudos realizados a 19 anos atrás sobre o potencial eólico brasileiro (AMARANTE *et al.*, 2001), as torres analisadas possuíam em torno de 50 m de altura, ou seja, lugares onde o potencial eólico poderia ser melhor aproveitado com torres maiores, não foram levados em consideração.

Atualmente, a tecnologia disponível no mercado elevaram cada vez mais estas estruturas, com capacidade de se elevarem até 150 m do chão, na Figura 10 observa-se aerogeradores com suas torres possuindo 80 m de altura.

Figura 10 – Aerogerador WEG (80m de altura)



Fonte: WEG (2011)

Materiais e métodos

Nesta etapa, serão definidas as variáveis que influenciarão na energia gerada pelos aerogeradores, além das informações técnicas das turbinas escolhidas e seus fabricantes.

Materiais

Direção do vento e definição do local de instalação da turbinas

Para o estudo de caso foi definida a cidade de Bom Jardim da Serra como local teórico de instalação das turbinas eólicas, já que ela possui um parque eólico já instalado, sendo a primeira cidade a receber turbina eólica de Santa Catarina. Segundo a Terra Consultoria (2015), a cidade

possui um grande potencial eólico, estando dentro de um dos melhores potenciais regionais do sul do Brasil.

A direção predominante do vento é o quadrante noroeste e de acordo com a ferramenta disponibilizada na página da CRESESB a velocidade média anual do vento na cidade é de 7,38 m/s para 50 m de altura, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Dados de Vento a 50 m de altura

Grandeza	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Velocidade média do vento (m/s)	6,48	7,38	8,7	6,94	7,38
Fator C*	7,3	8,33	9,82	7,84	8,33
Fator K**	1,9	2,04	2,07	2,12	2
Densidade de potência (W/m ²)***	336	461	745	370	478

Fonte: CRESESB (2020)

* Fator de escala de Weibull / ** Fator de forma de Weibull / *** Razão total da potência instalada em watts num ambiente para cada metro quadrado de área deste mesmo ambiente.

Rugosidade do terreno

Influência direta na determinação da camada limite da atmosfera, a rugosidade é um fator importante que se deve levar em consideração para analisar o perfil dos ventos em uma determinada região.

Dessa forma, entende-se que quanto maior a rugosidade, mais energia está sendo retirada do vento próximo a superfície (ATLAS EÓLICO BAHIA, 2013). Na Tabela 2, encontram-se valores dos coeficientes correspondentes a cada tipo de terreno.

Tabela 2 – Valores típicos de rugosidade associados a classe de coberturas do solo

Tipos de Cobertura e/ou Uso da Terra	Faixa de Rugosidade $z_{0(m)}$
Áreas urbanas	0,4 – 3,0
Florestas	0,4 – 0,8
Caatinga	0,1 – 0,4
Cerrado	0,1 – 0,4
Culturas agrícolas	0,02 – 0,1
Pastagens	0,02 – 0,05
Solo exposto	0,001 – 0,01
Corpos d'água (lagos, oceano) (sem vento de superfície)	0,0002 – 0,001

Fonte: Atlas Eólico Bahia (2013)

Em Bom Jardim da Serra, devido à extração não controlada de madeira no início de sua povoação as matas de araucárias praticamente se extinguíram. Com a falta de preocupação da população com o reflorestamento, as áreas antes ocupadas por araucárias, tornaram-se descampadas (SECOVI SC, 201-).

Considerando o atual cenário, será utilizado para fins de análise, a classe de cobertura do solo Pastagens, onde sua faixa de rugosidade se encaixa em 0,02-0,05.

Definição das turbinas/aerogeradores

De acordo com o Artigo 21º da Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, a ANEEL pode estipular um percentual de até 50% de redução das tarifas no uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada pelos aproveitamentos, se a potência injetada nos sistemas for menor ou igual a 30 MW.

A procura por turbinas de potência nominal relativamente baixa se dá pela capacidade de aproveitamento da máxima potência instalada de forma que o parque eólico que se deseja implantar não atinja mais que 30 MW atendendo assim às exigências prescritas na Lei nº 11.488.

A escolha dos modelos de turbinas a serem estudadas, sofreu influência de outros fatores além do econômico. Atualmente as fabricantes de turbinas eólicas disponibilizam dados poucos relevantes para estudos mais aprofundados referentes à forma construtiva, eficiência energética e curva de potência. As fabricantes europeias, por exemplo, seguem a norma IEC-61400 que estipula a apresentação da curva de energia gerada anualmente, não mais a curva de potência, gerando assim uma série de dificuldades na busca por dados de aerogeradores semelhantes que poderiam fazer parte dos estudos.

Na Tabela 3, é possível visualizar as características das turbinas escolhidas em razão da sua baixa potência nominal, seus pontos em comuns assim como suas diferenças, estas características influenciarão no comparativo entre os dois modelos.

Tabela 3 – Características aerogeradores utilizados no estudo

Modelos Aerogeradores	AGW 110/2.1	S111
Empresa	WEG S.A	SUZLON
Potência nominal	2100 kW	2100 kW
Diâmetro do Rotor	110 m	111.8 m
Área varrida pelo rotor	9.503 m ²	9.852 m ²
Altura do eixo do rotor	120 m	120 m
Nº de pás	3	3
Tipo gerador	Síncrono de ímãs permanentes	Assíncrono - indução trifásica
Velocidade de início	3 m/s	3 m/s
Velocidade de corte	20 m/s	21 m/s

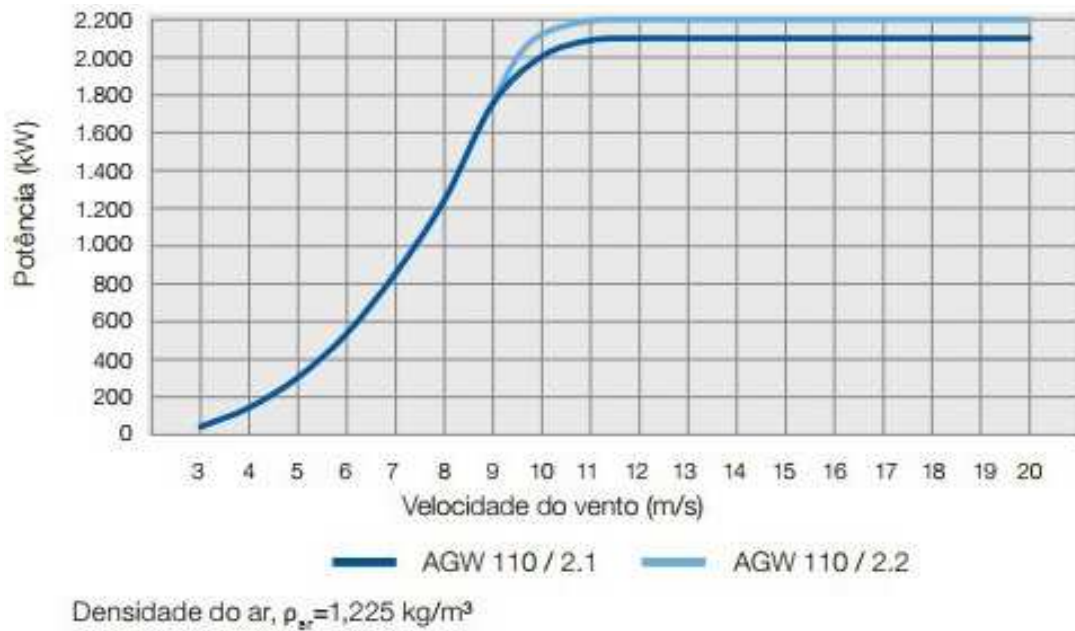
Fonte: WEG (2017); SUZLON (2019)

Além da potência nominal das turbinas ser a mesma, a altura do eixo do rotor foi determinada de forma a tornar as condições de comparação entre as duas fabricantes a mais igualitária possível, pois enquanto a fabricante WEG apresenta três opções de altura 80m, 95m, 120m, a SUZLON apresenta suas turbinas com opções de 90m, 120m e 140m, sendo a altura de 120 m a única presente nas duas fabricantes simultaneamente.

Aerogerador WEG AGW 110/ 2.1 MW

Além das informações já apresentadas na Tabela 3, na Figura 11 é apresentada a curva de potência do aerogerador, esta é extraída do gerador através de testes realizados pela fabricante e tem por objetivo fornecer informações sobre a potência gerada em diferentes velocidades do vento.

Figura 11 – Curva de potência WEG AGW 110/ 2.1 MW



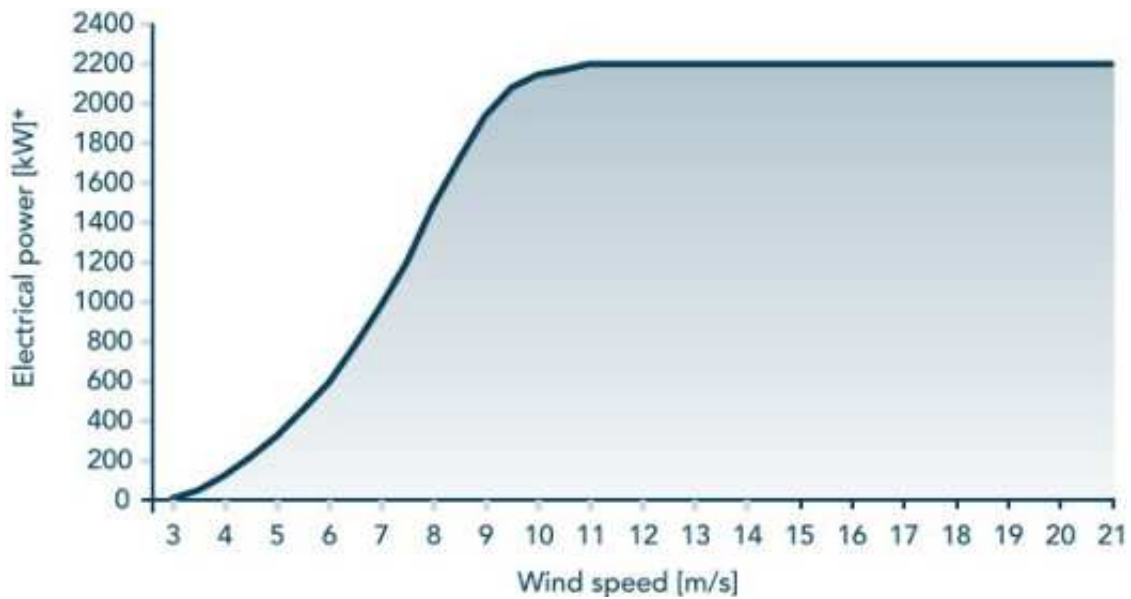
Fonte: WEG (2017)

Aerogerador SUZLON S111- 2.1 MW

Suas características técnicas estão descritas na Tabela 3 e sua curva de potência na Figura 12.

O cálculo da curva de potência utiliza a densidade do ar considerada padrão de $1,225 \text{ kg/m}^3$, conforme informado no catálogo do produto e conseqüentemente nas mesmas condições da curva de potência da turbina da fabricante WEG.

Figura 12 – Curva de potência SUZLON S111- 2.1 MW



Fonte: SUZLON (2019)

Métodos

Com a definição da Cidade de Bom Jardim da Serra em Santa Catarina como local de instalação das turbinas eólicas conforme item 4.1.1, a extração dos dados de velocidade do vento e rugosidade do terreno no site da CRESESB serão utilizados para os cálculos que devem ser realizados.

Estes já foram determinados nos itens 4.1.1 e 4.1.1.1, de acordo com as análises realizadas de características do local.

Determinação da velocidade do vento

Velocidade, altura e características do terreno estão ligadas entre si e devem ser levadas em conta para instalação de turbinas eólicas. Na Equação 4.1 pode-se observar que ao conhecer as características do terreno e a velocidade do vento em duas ou mais alturas, será possível determinar a velocidade do vento na altura de instalação da torre (MACHADO; SILVA; PATROCÍNIO, 2017).

$$V = V_0 * (H/H_0)^n \quad (4.1)$$

Onde:

V_0 = Velocidade do vento no ponto 1 (m/s)

V_1 = Velocidade do vento no ponto 2 (m/s)

H_0 = Altura do solo no ponto 1 (m)

H = Altura do solo no ponto 2 (m)

n = Comprimento da rugosidade do local (m)

Para fins comparativos, será considerada a altura de 120 m para o Cubo dos aerogeradores. Sendo os dados da Tabela 1 referentes ao vento a uma altura de 50 m, faz-se necessário a aplicação da Equação 4.1 para se chegar na velocidade do vento em função da altura estipulada.

Calculada a velocidade aproximada do vento na altura do cubo, pode-se realizar o tratamento dos dados solicitados ao INMET de forma a gerar a curva da frequência de ocorrência para cada velocidade e comparar se a velocidade média encontrada através da Equação 4.1 é próxima à velocidade com mais ocorrências durante o ano.

A frequência de ocorrência do vento pode ser calculada através da Equação 4.2 também conhecida como Distribuição de Weibull.

$$f(V) = (k/c)(v/c)^{k-1} \exp[-(v/c)^k] \quad (4.2)$$

Onde:

k = Fator de forma (adimensional);

c = Fator de escala (m/s)

v = Velocidade do vento (m/s)

O tratamento dos dados fornecidos pelo INMET é realizado através de uma planilha EXCEL, que com o auxílio de fórmulas disponibilizadas pelo programa tornou possível a contabilização e determinação da frequência de ocorrência de cada intervalo de velocidade do vento.

No anexo A, é possível visualizar a média da velocidade diária para a cidade de Bom Jardim da Serra, reduzindo os dados tratados de 8760 células para 365. Se o estudo da velocidade do vento tivesse sido realizado em cima da média diária, a variação seria muito grande, pois

apesar de os dados fornecidos pelo INMET serem de medições realizadas ao longo das 24h dos 365 dias de ano de 2019, nem todos os horários apresentaram medições corretas, tornando esta análise de certa forma inviável para aplicação da Distribuição de Weibull.

Na busca pelo real aproveitamento de todos os dados recebidos, utilizou-se a fórmula “CONT.SE” para valores entre velocidades x e y, com a quantidade de medições para cada intervalo da velocidade do vento, fez-se então a divisão da quantidade encontrada pelo número total de células analisadas, afim de encontrar a porcentagem equivalente de cada velocidade ao longo do ano a 50 m de altura, porém ainda seria necessário realizar o cálculo de ocorrência destas velocidades a 120 m de altura.

Realizou-se então uma terceira análise, em que foi aplicada os dados do INMET em uma planilha VBA (*Visual Basic for Applications*), a fim de determinar se a frequência de ocorrência da velocidade do vento encontrada através do passo anterior seria semelhante aos resultados encontrados nesta nova ferramenta.

Os dados obtiveram variações relativamente pequenas, através do cálculo simples no excel os ventos com maiores ocorrências ficaram entre 4 m/s e 7 m/s, já no VBA ficou entre 5 m/s e 10 m/s, esta diferença se deve ao fato de que no VBA utilizou-se além dos dados brutos, e da altura estipulada para os aerogeradores, a fórmula de Weibull, a velocidade média e o fator k informados na Tabela 1. No apêndice A é possível visualizar o layout e as variáveis utilizadas para este cálculo.

A Tabela 4 apresenta informações extraídas da planilha através do VBA.

Tabela 4 – Frequência de ocorrência da velocidade do vento

Velocidade do vento [m/s]	Frequência de ocorrência [%]
0	0,162764
1	1,112094
2	2,925458
3	5,411794
4	8,219259
5	10,848208
6	12,745176
7	13,462238
8	12,821780
9	11,000962
10	8,475234
11	5,835321
12	3,570301
13	1,928948
14	0,914027
15	0,377156
16	0,134524
17	0,041163
18	0,010722
19	0,002359

Fonte: o autor.

Análise do coeficiente de potência

Segundo ferreira (2001), o máximo de potência que uma turbina pode extrair do vento é 59,3%. Esse rendimento máximo teórico é conhecido como coeficiente de Betz e é dado pela Equação 4.3:

$$\eta_{\text{máx}} = \frac{P_{\text{máx}}}{P_{\text{tot.}}} = 0,593 \quad (4.3)$$

Onde:

$P_{\text{máx}}$ = Potência máxima

$P_{\text{tot.}}$ = Potência total disponível no vento

Considerando que o coeficiente de Betz vale apenas para situações em que não há nenhuma perda, ou seja, o máximo que se pode atingir, o coeficiente de potência (C_p) de uma turbina eólica calculada através da Equação 4.4 e indica a relação entre a potência extraída do vento e a disponível de fato.

$$C_p = \frac{P_t}{0,5 * \rho * A * v^3} \quad (4.4)$$

Onde:

P_t = Potência produzida pela turbina (W);

ρ = Massa específica do ar, geralmente se utiliza o valor médio 1,2256 kg/m³;

A = Área varrida pelo rotor da turbina (m²);

v = Velocidade do vento;

Entende-se como coeficiente de potência o máximo aproveitamento que uma determinada turbina pode extrair de potência do vento. Desta forma ao calcular o C_p , pode-se observar a variação de eficiência das turbinas eólicas estudadas.

Determinação do potencial energético

A instalação de um aerogerador leva em consideração a energia que ele irá gerar ao longo do ano conforme a variação do vento. O cálculo utilizado para se chegar neste valor pode ser realizado utilizando a Equação 4.5.

$$EAG = \sum [f(v) P(v)] * 8760 [kWh] \quad (4.5)$$

Onde:

EAG = Energia Anual Gerada;

$f(v)$ = Frequência de ocorrência do vento;

$P(v)$ = Potência produzida pelo aerogerador;

8760 = Quantidade de horas disponíveis em um ano.

Os valores de geração anual obtidos podem ser comparados e analisados de forma a encontrar divergências caso possuam uma variação elevada entre si, ou destacadas as similaridades das turbinas se semelhantes.

Perdas

A Equação 4.4 é utilizada de forma a encontrar a Energia Anual Gerada em um cenário ideal, porém sabe-se que na geração de energia há muitos fatores que contribuem para as perdas.

Nesse caso, as mesmas devem ser descontadas para encontrar um cenário de geração de energia mais próximo ao real. Algumas perdas devem ser consideradas quando se realiza o dimensionamento a nível de um parque eólico como as perdas por arranjo ou por sujeira nas pás, porém para este estudo serão consideradas apenas as perdas que influenciarão diretamente no desempenho das turbinas na geração de energia.

Segundo a *European Wind Energy Association* (2009) através da publicação do relatório *The Economics of Wind Energy* (A Economia da Energia Eólica), as perdas podem ser classificadas conforme:

- Perdas Elétricas: perdas resultantes do efeito joule, na rede em geral, transformadores, cabeamento, normalmente entre 1 a 3%.
- Perdas por parada: Em geral devido a tecnologia empregada os novos modelos de aerogeradores são muito confiáveis, tendo sua taxa de disponibilidade na faixa de 98%. As perdas por parada podem ser consideradas como 2%.
- Outras perdas: perdas muito pequenas, a exemplo pode-se citar mudança de direção do vento e o tempo necessário que uma turbina leva para adaptar suas pás para a nova velocidade, isto acaba gerando perdas. Pode-se considerar 1%.

Considerando estas perdas, o cálculo da Energia total deve ser realizado conforme Equação 4.6.

$$\text{Energia total} = \text{EAG} * (1 - (\text{somatório de perdas})) \quad (4.6)$$

Quantificação de energia e benefícios gerados

Tem-se que o fator de capacidade de uma turbina é a relação entre o que é produzido efetivamente e o potencial máximo teórico disponível. Este fator é definido pela Equação 4.7.

$$\text{FC} = \text{GA} / (8760 * \text{PN}) \quad (4.7)$$

Onde:

FC = Fator de Capacidade;

GA = Geração anual de energia (MWh);

PN = Potência Nominal (MWh);

Através da Equação 4.7 verificar-se-á de fato qual será a variação entre o potencial máximo teórico disponível e a geração efetiva. Com estes dados é possível determinar o quanto uma única turbina eólica supriria de demanda energética da cidade de Bom Jardim da Serra e qual dos dois modelos estudados seria a melhor opção em um possível cenário de implantação de turbinas eólicas.

Resultados e discussão

A partir dos dados e equações definidas no capítulo 4, pode-se iniciar a análise de desempenho dos aerogeradores escolhidos.

Velocidade do vento

Devido à altura de instalação da turbina eólica, não é possível realizar a medição da média de velocidade dos ventos na altura desejada, sendo assim, aplicou-se os dados fornecidos pela CRESESB conforme Tabela 1 na Equação 4.1 e encontrou-se a velocidade de 7,71 m/s conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Velocidade do Vento na altura de instalação da torre

Altura da Torre	50 m	120 m
Velocidade média do vento (m/s)	7,38	7,71

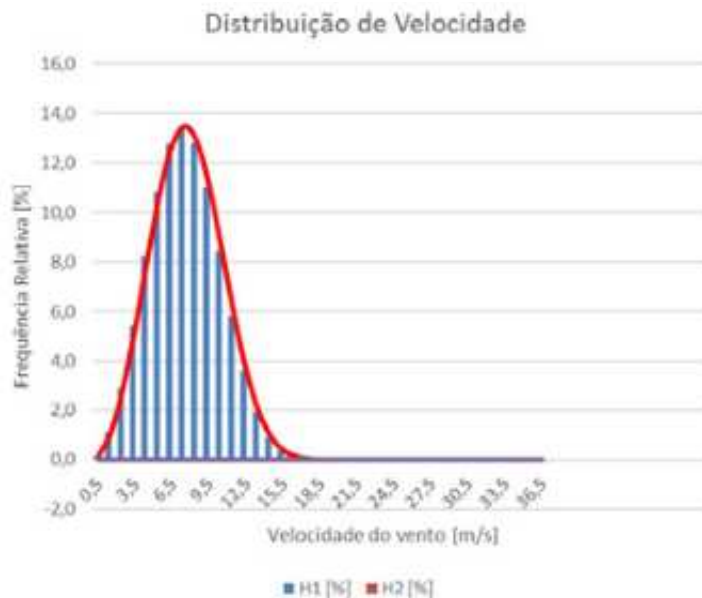
Fonte: o autor.

A Figura 13 mostra a curva de frequência para cada velocidade conforme valores já demonstrados na Tabela 4 e calculados através da aplicação da Distribuição de Weibull (Equação 4.2).

Velocidades de vento muitas altas não devem ser consideradas como fator determinante na implantação de turbinas eólicas, de acordo com a CRESESB (2012) a potência nominal das máquinas varia entre 9,5 m/s e 15 m/s, acima disso a potência permanece constante até a velocidade de corte. Nas turbinas da WEG e SUZLON, a velocidade de corte é 20 m/s e 21 m/s respectivamente.

Se comparada a Tabela 5 com a Figura 13, observa-se que a maior frequência de ocorrência de velocidade do vento é justamente entre 7,0 m/s e 8 m/s, desta forma observa-se que a velocidade de 7,71 m/s está dentro da velocidade para cálculo dos indicadores de comparação das turbinas, pois se encontra entre os maiores valores apresentados.

Figura 13 – Frequência relativa de velocidade



Fonte: o autor.

Coefficiente de potência

O coeficiente de potência encontrado através da Equação 4.4 pode ser visualizado abaixo na Tabela 6:

Tabela 6 – Comparativo Coeficiente de Potência

Variáveis	AGW 110/2.2	S111 2.1
Velocidade do vento (m/s)	7,71	7,71
Massa Específica do ar (kg/m ³)	1,2256	1,2256
Área varrida pelo rotor (m ²)	9.503	9.852
Potência Produzida pela Turbina (W)	1.200.000	1.300.000
Coeficiente de potência	0,45	0,47

Fonte: o autor.

Quando comparados ao coeficiente de potência máximo teórico de 0,593, a fabricante WEG tem um aproveitamento equivalente a 76,27% do coeficiente de Betz, enquanto a fabricante SUZLON atinge 79,66% nas mesmas condições de velocidade e potência produzida.

Através da Tabela 6 é possível notar que o coeficiente de potência do modelo S111 da fabricante SUZLON é superior à turbina da WEG. Isso se deve a alguns fatores:

- A potência produzida pela S111 na mesma velocidade do vento é 9% superior a potência produzida pela turbina AGW 110.
- Conforme Equação 4.4 quanto maior a área varrida pelo rotor para um mesmo valor de potência, menor será o coeficiente de potência. Neste caso, a turbina S111 possui uma área apenas 4% superior à sua concorrente.

A resultante destes fatores é um coeficiente de potência da fabricante SUZLON 4,5% superior ao da fabricante WEG, não sendo de certa forma tão impactante, já que nas velocidades do vento as quais o aerogerador será exposto não haverá tanta energia para ser capturada pois trabalhará entre a velocidade mínima necessária e a velocidade nominal determinada pelos fabricantes.

Potencial energético

Os dados fornecidos pelo INMET foram tratados e aplicados na fórmula de Distribuição de Weibull (Equação 4.2) em uma planilha Excel VBA. Desta forma estipulou-se um valor aproximado de horas no ano para cada variação de velocidade do vento em Bom Jardim da Serra.

A partir dos dados de Frequência de ocorrência do vento, aplicou-se a Equação 4.5 e se encontrou quanto cada turbina irá gerar de energia anualmente, conforme Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Geração anual de Energia (SUZLON)

S111 / 2.1				
Velocidade do vento [m/s]	Hora/ano	Potência (W)	Energia Gerada (kWh/ano)	
0	1	10,75	0,00	0,00
1	2	94,09	0,00	0,00
2	3	253,62	0,00	0,00
3	4	472,85	109,34	51.697,79
4	5	720,93	240,27	173.147,86
5	6	953,65	447,38	426.365,36
6	7	1.121,78	748,89	839.428,13
7	8	1.185,30	1.160,11	1.374.032,07

8	9	1.128,27	1.688,77	1.904.302,39
9	10	966,49	2.100,00	2.029.244,48
10	11	742,49	2.100,00	1.559.880,08
11	12	509,04	2.100,00	1.070.365,57
12	13	309,62	2.100,00	651.785,89
13	14	165,97	2.100,00	349.915,20
14	15	77,86	2.100,00	164.456,14
15	16	31,73	2.100,00	67.167,56
16	17	11,15	2.100,00	23.657,65
17	18	3,35	2.100,00	7.129,86
18	19	0,85	2.100,00	1.823,97
19	20	0,18	2.100,00	392,88
Total de Energia Gerada Anualmente (MWh)				10.694,79

Fonte: o autor.

Tabela 8 – Geração Anual de Energia (WEG)

AGW 110 / 2.1

Velocidade do vento [m/s]	Hora/ano	Potência (W)	Energia Gerada (kWh/ano)
0	1	10,75	0,00
1	2	94,09	0,00
2	3	253,62	0,00
3	4	472,85	105,68
4	5	720,93	232,04
5	6	953,65	432,21
6	7	1.121,78	723,15
7	8	1.185,30	1.119,01
8	9	1.128,27	1.628,95
9	10	966,49	2.100,00
10	11	742,49	2.100,00
11	12	509,04	2.100,00
12	13	309,62	2.100,00
13	14	165,97	2.100,00
14	15	77,86	2.100,00
15	16	31,73	2.100,00
16	17	11,15	2.100,00
17	18	3,35	2.100,00
18	19	0,85	2.100,00
19	20	0,18	2.100,00
Total de Energia Gerada Anualmente (MWh)			10.524,24

Fonte: o autor.

Sabe-se que as Tabelas 7 e 8 representam a geração de energia em um cenário ideal, sem perdas. Para encontrar a energia real gerada, deve-se aplicar a Equação 4.6 e utilizar o total de energia já calculado.

Na Tabela 9, verifica-se que a variação de geração de energia entre as fabricantes é muito pequena, não sendo um fator determinante para a escolha de um modelo ou outro.

Tabela 9 – Energia anual gerada considerando perdas

Parâmetros	Fabricante		Var* (%)
	WEG	SUZLON	
Energia Gerada Ideal (MWh/ano)	10.524,24	10.694,79	2%
Perdas (%)	6	6	-
Energia Gerada Real (MWh/ano)	9.892,79	10.053,11	2%

Fonte: o autor.

*Variação da energia gerada pela turbina SUZLON sobre a energia gerada pela turbina WEG.

O resultado apresentado na Tabela 9, pode ser constatado através das curvas de potência das turbinas nas Figuras 11 e 12, elas estabilizam-se praticamente na mesma velocidade, isto é, enquanto a velocidade do vento for superior a 9 m/s as turbinas irão produzir a mesma quantidade de energia, esta relação pode ser observada também nas Tabelas 7 e 8.

Porém, um ponto que deve ser destacado é que apesar da pequena diferença entre as fabricantes, a velocidade média do vento é 7,71 m/s, ou seja, inferior aos 9 m/s considerados nominais. Caso a velocidade do vento varie para menos após a instalação do aerogerador (o que pode acontecer pois 1 ano é um período considerado curto para estudo correto), a quantidade de energia gerada pelo modelo da fabricante SUZLON se mostraria mais satisfatório, pois gera mais energia que a fabricante WEG a baixas velocidades.

Quantificação de energia e benefícios gerados

A energia eólica não apresenta contribuição substancial na matriz elétrica catarinense, dentre os fatores responsáveis está o fator de capacidade relativamente baixo nos parques já em funcionamento, além de entraves ambientais no âmbito nacional, dificultando assim o aproveitamento da capacidade de geração anual de 3.700 GWh no estado, segundo informações do Programa Catarinense de Energias Limpas (s.d.)

Segundo o Boletim Anual de Geração de Energia Eólica (2019) o valor médio do fator de capacidade no Brasil em 2019 foi de 42,7%, enquanto a média máxima mensal atingida no ano foi 59,1%.

O fator de capacidade apresentado pelas duas turbinas analisadas se mostra satisfatório se comparados à níveis nacionais, superando em quase 40% a média anual de 2019 (Tabela 10).

Tabela 10 – Fator de Capacidade

	Fabricante		Var* (%)
	WEG	SUZLON	
Fator de Capacidade	57,21%	58,14%	2%

Fonte: o autor.

*Variação do fator de capacidade da turbina SUZLON sobre o fator de capacidade da turbina WEG.

Se utilizarmos o relatório Energia Eólica no Brasil e Mundo publicado pelo MME (Brasil, 2016) veremos que o fator de capacidade há 5 anos atrás estava em 38%, o mais alto entre os 20 países listados no estudo, pode-se dizer então que os aerogeradores WEG e SUZLON além de superarem em 40% a média anual, estão com o fator de capacidade 50,55% e 53,00% respectivamente acima da tecnologia utilizada em 2015.

Em um comparativo a nível mundial, segundo Canal Energia (2019) em 2018 o fator de capacidade médio mundial foi de 25%, enquanto no mesmo período no Brasil, atingiu-se 42%. Destaca-se assim a relevância dos fatores de capacidade encontrados para estes aerogeradores em uma cidade longe dos excelentes ventos disponíveis no Nordeste do país.

Considerações finais

Na busca pela definição de uma turbina para implantação na cidade de Bom Jardim da Serra, é necessário levar em consideração os mais variados aspectos e influências do ambiente na quantidade de energia que a turbina pode vir a gerar.

Pontos importantes como potencial eólico do local, velocidade do vento durante o ano, média de velocidade, altura da torre e rugosidade do terreno são fatores tão decisivos quanto o desempenho da turbina escolhida, pois indicam a viabilização do projeto.

Em relação aos modelos de turbinas escolhidas, as mesmas apresentaram resultados muito próximos, sendo o coeficiente de potência o responsável pela variação de geração de energia e fator de capacidade das mesmas. Enquanto a turbina da fabricante WEG apresentou um coeficiente de 0,45, a turbina da fabricante SUZLON apresentou um coeficiente de 0,47, resultando em uma diferença de 4,5% do máximo aproveitamento que as mesmas podem extrair de potência do vento.

Na geração energia enquanto a velocidade do vento for superior a 9 m/s as turbinas irão produzir a mesma quantidade de energia, esta relação pode ser observada mais claramente nas Tabelas 7 e 8, mas considerando que a velocidade média da Cidade de Bom Jardim da Serra é 7,71 m/s o aerogerador da fabricante SUZLON tende a atender as expectativas quanto a quantidade de energia gerada.

O fator de capacidade das turbinas também não obteve significativas variações entre um modelo e outro, sendo os valores das duas turbinas satisfatórios se comparados com a média anual brasileira do fator de capacidade de 42,7% conforme citado no item 4.2.4.

Dada as similaridades de desempenho e geração de energia elétrica em um ano, a variação de 2% entre as mesmas se torna irrisória e o responsável pelo estudo deve buscar outros fatores em relação às fabricantes a fim de escolher o modelo ideal.

Referências

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica 2018**. 7º ed. São Paulo: Visão Gráfica, 2019.

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica 2019**. 9º ed. São Paulo: Visão Gráfica, 2020.

ABESCO. **O que é Eficiência Energética? (EE)**. s.d. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

ALVAREZ, F. C. *et al.* The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. **American Council for an Energy-Efficient Economy**, n. June, p. 125, 2018.

AMARANTE, O. A. C *et al.* **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, 2001. Disponível em: <<https://bit.ly/3yCjt0j>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

ANEEL. Parte II - Fontes Renováveis. *In: Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 3º ed. Brasília: ANEEL, 2008. p. 63–74.

BAHIA. Atlas Eólico Bahia. **Circulação Atmosférica**. Bahia, 2013. Disponível em: <http://www2.secti.ba.gov.br/atlasWEB/climatologia_p1.html>. Acesso em: 05 jun. 2020.

_____. Atlas Eólico Bahia. **Modelos de Terreno**. Bahia, 2013. Disponível em: <http://www2.secti.ba.gov.br/atlasWEB/metodologia_p2.html>. Acesso em: 08 jun. 2020.

BRASIL. ITAIPU Binacional. **Energia Hidráulica**. Brasil, mar. de 2010. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/energia-hidraulica>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

_____. **LEI Nº 9.427, DE 26 DE DEZEMBRO DE 1996**. Brasília, Brasil, 26 dez. 1996.

_____. **LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997**. Brasília, 6 ago. 1997.

_____. **LEI Nº 9.648, DE 27 DE MAIO DE 1998**. Brasília, 27 maio 1998.

_____. **LEI Nº 11.488, DE 15 DE JUNHO DE 2007**. Brasília, 15 junh. 2007.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Fontes de Energia representam 83% da matriz elétrica brasileira**. Brasil, 2020. Disponível em: <<http://bit.ly/3JF9uxK>>. Acesso em: 03 out. 2020.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Energia Eólica no Brasil e Mundo**. Brasil, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3FjAQXt>>. Acesso em: 08 nov. 2020.

_____. Ministério de Minas e Energia. **O ministério**. Brasil, s.d. Disponível em: <<https://bit.ly/3Fsd0ZN>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

_____. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Mapa dinâmico do SIN**. Brasil, c2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

_____. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **O Sistema Interligado Nacional**. Brasil, c2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

_____. Ministério de Minas e Energia. Câmara de Comercialização de Energia. **Geração de energia por usinas eólicas aumenta 14,7%**. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3mMxiXv>>. Acesso em: 04 jun. 2020.

CANAL ENERGIA. **Energia eólica atinge 15 GW em capacidade instalada no Brasil**. 2019. Disponível em: <<http://bit.ly/3ZNNg2i>>. Acesso em: 06 nov. 2020.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO - CRESESB. **Base de dados de vento**. Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico>. Acesso em: 06 jun. 2020.

_____. **Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica**. Brasil, 2008. Disponível em: <<http://bit.ly/3TdivBj>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

_____. **História da Energia Eólica e suas utilizações**. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://bit.ly/3mQgPSi>> Acesso em: 01 jun. 2020.

_____. **Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica**. Brasil, 2008. Disponível em: <<http://bit.ly/3leqf9I>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

_____. **Como é o comportamento de um aerogerador em função da velocidade do vento?**. Brasil, 2012. Disponível em: <<http://bit.ly/3YS6x18>>. Acesso em: 08 nov. 2020.

CONSULTORIA, T. **Relatório de Impacto ambiental: Serra Catarinense (29,99MW)**. São José: [s.n.].

CUNHA, R.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDES Setorial. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>. Acesso em: 28 maio. 2020.

DOMINGUES, P.C.M. (2003). A interconexão Elétrica dos Sistemas Isolados da Amazônia ao Sistema Interligado Nacional. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2019**. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3mGmGt5>>. Acesso em: 04 out. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Caderno de Demanda de Eletricidade**. Brasil, abr. de 2018.

EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. The Economics of Wind Energy. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 21, n. 2, p. 100–109, 2009.

FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. **Energia Eólica**. Barueri, São Paulo: Manole, 2011.

FARIAS, Alcides. **Eficiência energética – Brasil na rabeira global**. ECOA – Ecologia e Ação. Brasil, ago. de 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/4083LGc>>. Acesso em: 19 mai. 2020.

FERREIRA, A. P. **Projeto e Operação de Parques Eólicos com Excedente de Potência Instalada** Thesis. Universidade do Porto, Porto, 2001.

FILHO, A. S.; CARDOSO, J. G. Energia eólica : tipos de geradores e conversores usados atualmente. **Espaço IEEE**, p. 160–161, 2014.

FILHO, L. R. A. G. *et al.* Engenharia Agrícola. **Caracterização analítica e geométrica da metodologia geral de determinação de distribuições de Weibull para o regime eólico e suas aplicações.** Jaboticabal: [s.n.]. Disponível em: <<http://bit.ly/401VI2Q>>. Acesso em: 4 out. 2020.

MACHADO, A. H.; SILVA, F. S. DA; PATROCÍNIO, L. P. Energia na Agricultura. **Dimensionamento de Parque Eólico no Estado do Espírito Santo**, v. 32, n. 2011, p. 72–80, 2017.

MATIAS, Á. **Vento**; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/vento.htm>>. Acesso em: 18 out. de 2020.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O Aproveitamento da Energia Eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1–13, 11 out. 2008.

MAUAD, F. F.; FERREIRA, L. DA C.; TRINDADE, T. C. G. **Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras.** São Carlos: EESC/USP, 2017.

NAVALES, A. P. T. *et al.* **Energía eólica.** 2º ed. Zaragoza: Prensas Universitárias de Zaragoza, 2011.

NUNES, H. R. A.; ABREU, T. M. DE; ANTUNES, F. M. A expansão da geração e os leilões de energia no atual modelo do setor elétrico. **Revista Brasileira de Energia**, v. 11, p. 1–12, 2003.

PICOLO, A. P.; RÜHLER, A. J.; RAMPINELLI, G. A. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p. 01–13, 2014.

PINHO, J. T. *et al.* **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, 2014.

PINTO, Tales dos Santos. **O apagão energético de 2001.** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiab/apagao.htm>. Acesso em: 19 de mai. de 2020.

PROGRAMA CATARINENSE DE ENERGIAS LIMPAS. **Energia Eólica.** Brasil, s.d. . Disponível em: <<http://bit.ly/4056Vuj>>. Acesso em: 6 de jun. de 2020.

REGUEIRO, E. *et al.* Energia eólica. *In: Atlas de Energia Elétrica do Brasil.* 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. p. 93–110.

SECOVI SC. **Convenções » Bom Jardim Da Serra.** Brasil, 201-. Disponível em: <<http://bit.ly/3LoKMTB>>. Acesso em: 03 nov. 2020.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estud. av.**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3JhkVdJ>>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SPE/MME. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2007.
SUZLON. **2.1 MW Platform Doing More With Less.** Hadapsar, India, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3JON8Kt>>. Acesso em: 06 jun. 2020.

WEG. **Aerogeradores**. Jaraguá do Sul, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3YHNvdX>>. Acesso em: 6 jun. 2020.

WEG. **Soluções para Energia Eólica**. Jaraguá do Sul, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/42bbJjD>>. Acesso em: 5 jun. 2020.

WEG. **Ventos do Sudeste ganham nova rota**. Jaraguá do Sul, 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/42fDibF>>. Acesso em: 6 jun. 2020.

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM MARQUISES NO CENTRO DE BLUMENAU-SC

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS OF MARQUISES IN THE CENTER OF BLUMENAU-SC

Nadson Jesus de Oliveira¹

Aline de Viegas Beloni²

Resumo: Estruturas em balanço apresentam anomalias visíveis, facilmente identificadas pela umidade e bolor na parte inferior da estrutura, normalmente causada pela falta de manutenção. A ocorrência de manifestações patológicas tem crescido nos últimos anos e tem gerado o colapso em marquises. Diante disso, faz-se necessário a tomada de ações que ajudem a prevenir o bom estado e funcionamento estrutural dessas estruturas. Neste sentido, o trabalho tem como objetivo identificar as manifestações patológicas e suas possíveis causas, em dez marquises localizadas na parte central da cidade de Blumenau-SC. Para atingir o objetivo geral fez-se necessária sua divisão entre os seguintes objetivos específicos: fazer levantamento de campo da estrutura, tais como, dimensões geométricas, inspeção visual e registro fotográfico; identificar o tipo de dano (manifestação patológica) e suas possíveis causas e realizar ensaios não destrutivos em algumas marquises, a fim de avaliar a qualidade do concreto e cobrimento das armaduras. A metodologia aplicada consiste na inspeção visual das marquises e aplicação de ensaios não destrutivos como pacometria e esclerometro, a fim de avaliar a situação em que se encontra a estrutura, entre os pontos analisados destaca-se: estado da impermeabilização; sistema de drenagem; fissuras e deterioração da estrutura; cobrimento das armaduras e determinação da resistência mecânica do concreto. Entre os resultados obtidos observou-se que as marquises estão suscetíveis ao agravamento, pois contém fissuras, infiltração, manchas de mofo, abertura na parte superior das marquises, possibilitando a passagem d'água causando a corrosão da armadura. Entende-se que o aparecimento das anomalias tem ligação com a sobrecarga, furos na laje e principalmente ausência de manutenção. Conclui-se que as marquises inspecionadas durante o estudo apresentam características que refletem a situação de grande parte desse tipo de estrutura, sem rotinas de inspeção e manutenção, por consequência, ocorre a deterioração oferecendo riscos aos que usam a estrutura como proteção contra as intempéries.

Palavras Chave: Manifestações Patológicas. Marquises. Ensaio. Identificação.

Abstract

Cantilever structures have visible anomalies, easily identified by moisture and mildew on the underside of the structure, usually caused by poor maintenance. The occurrence of pathological manifestations has grown in recent years and has generated the collapse of marquees. In view of this, it is necessary to take actions that help to prevent the good condition and structural functioning of these structures. In this sense, the work aims to identify the pathological manifestations and their possible causes, in ten marquees located in the central part of the city of Blumenau-SC. To achieve the general objective, it was necessary to divide it into the following specific objectives: to carry out a field survey of the structure, such as geometric dimensions, visual inspection and photographic record; identify the type of damage (pathological manifestation) and its possible causes and carry out non-destructive tests on some marquees, in order to evaluate the quality of the concrete and covering of the reinforcements. The applied methodology consists of the visual inspection of the marquees and application of non-destructive tests such as pacometry and sclerometer, in order to evaluate the situation in which the structure is found, among the analyzed points, the following stand out: state of waterproofing; drainage system; cracks and deterioration of the structure; covering of the reinforcements and determination of the mechanical resistance of the concrete. Among the results obtained, it was observed that the marquees are susceptible to deterioration, as they contain cracks, infiltration, mold stains, opening in the upper part of the marquees, allowing the passage of water causing corrosion of the reinforcement. It is understood that the appearance of anomalies is linked to overload, holes in the slab and mainly lack of maintenance. It is concluded that the marquees inspected during the study have characteristics that reflect the situation of most of this type of structure, without inspection and maintenance routines, consequently, deterioration occurs, offering risks to those who use the structure as protection against the weather.

Keywords: Pathologies. Marquees. Rehearsal. Identification.

¹ Graduado em Engenharia Civil da Uniasselvi, Blumenau, SC, engnadsocivil@gmail.com

² Prof^a Me^a do Curso de Engenharia Civil da Uniasselvi, Blumenau, SC, aline.beloni@uniasselvi.com.br

INTRODUÇÃO

A limitação do conhecimento dos materiais utilizados na construção, por parte dos profissionais, no século XX, impossibilitava a construção de prédios com mais de cinco pavimentos. O crescente estudo, e avanço das tecnologias utilizadas no dimensionamento do concreto armado junto com novos materiais, como por exemplo, o cimento Portland, possibilitou a construção de prédio mais altos.

Com o crescimento populacional e por consequência disso, as construções que acompanhavam esse desenvolvimento, no Rio de Janeiro, fizeram-se necessário a elaboração de normas, para a uniformidade das construções realizadas no século passado. Com isso foi criada o código de obras, o Decreto nº 6000, de 1 de julho de 1937, tornando obrigatório a construção de marquises em prédios comerciais, pois a construção de edifícios mais altos preocupava a possibilidade de acidentes, devido a objetos que por uma infelicidade, pudessem cair na cabeça dos pedestres. Anos mais tarde foi anulada a obrigatoriedade da construção de marquises, dando liberdade na criação de projeto.

Tratando-se de estruturas de concreto armado, a necessidade de manutenção para o prolongamento da sua vida útil, e do seu objetivo/finalidade, faz-se necessário a verificação do estado de conservação dessas estruturas. Nesse sentido, o trabalho tem como objetivo identificar as manifestações patológicas e suas possíveis causas, nas principais marquises localizadas na parte central da cidade de Blumenau-SC. Para atingir o objetivo geral, fez-se necessária sua divisão entre os seguintes objetivos específicos: fazer levantamento de campo da estrutura, tais como, dimensões geométricas, inspeção visual e registro fotográfico; identificar o tipo de dano (manifestação patológica) e suas possíveis causas e realizar ensaios não destrutivos em algumas marquises, a fim de avaliar a qualidade do concreto e cobrimento das armaduras.

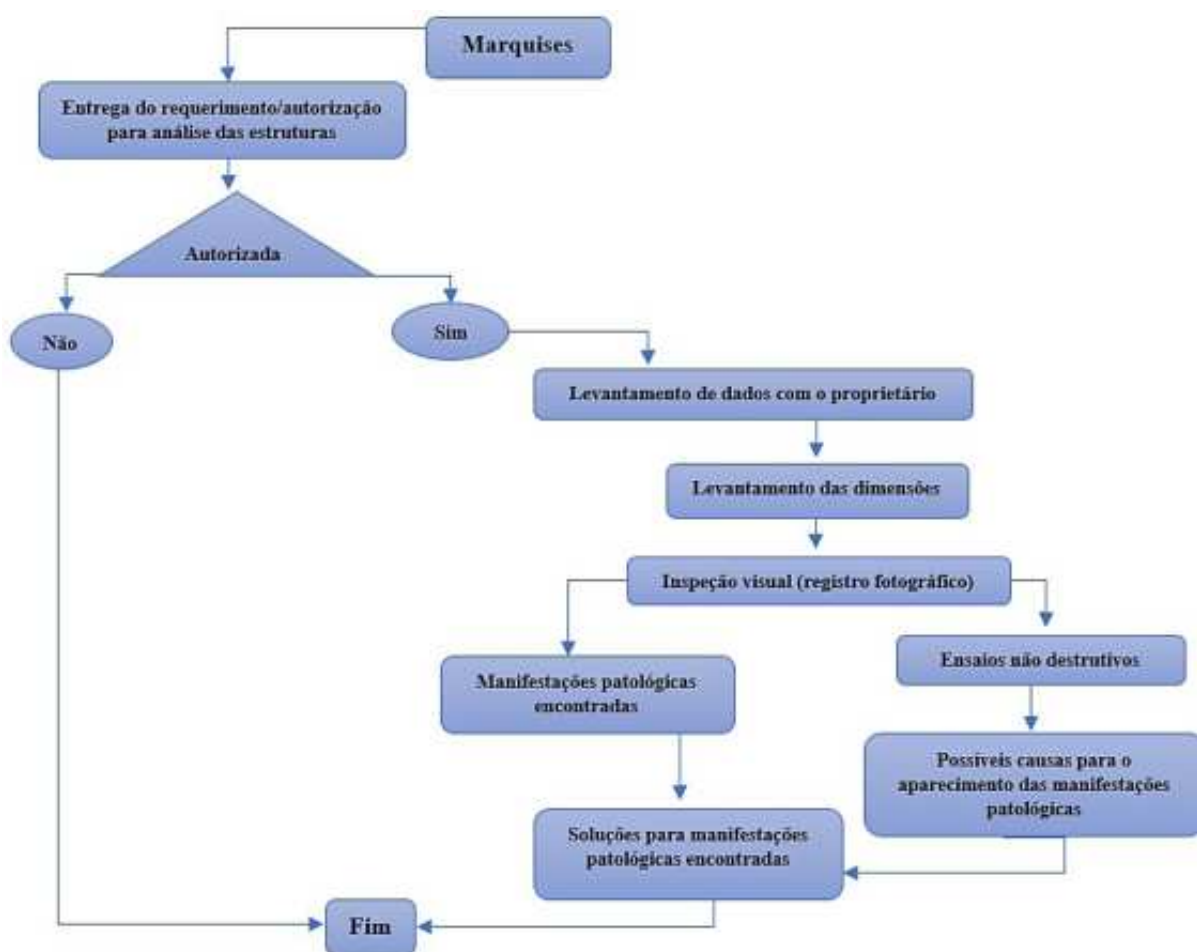
Tal estudo se justifica pela ocorrência de queda de marquises recorrentes em todo o Brasil, e por conta disso a manutenção periódica e preventiva, reparos e fiscalização em estabelecimentos que possuem essa estrutura tem se tornado peça fundamental para riscos ao que se utilizam dessa estrutura. A queda de estruturas acontece independente da região do país. A queda de uma marquise em Florianópolis-SC em 2012, e logo no ano seguinte, em Minas Gerais, um novo desabamento só que dessa vez com vítima fatal, em 2019, a queda de outra marquise no centro de Curitiba-PR, por sorte o horário da queda dessa estrutura não tinha movimento.

Em decorrência dos inúmeros acidentes envolvendo marquises, faz-se necessário a exploração do assunto que envolve essas estruturas. As manifestações patológicas, que se entendem a degradação identificadas na edificação, levando em consideração a análise de projeto, análise da estrutura e suas características geométricas, inspeção visual e realização de ensaios.

Metodologia

Para desenvolver este estudo foram selecionadas dez marquises de alguns edifícios do centro de Blumenau, SC, a metodologia aplicado no estudo é apresentada na Figura 1. A escolha da região central se deu ao fato de haver grande concentração de prédios comerciais e lojas, possuindo na grande maioria delas marquises em fachada, onde circulam muitas pessoas.

Figura 1 – Metodologia aplicada no estudo



Fonte: o autor.

Para avaliar a situação em que se encontra a estrutura de cada marquise, foi necessário analisar alguns pontos: estado da impermeabilização, sistema de drenagem, fissuras e deterioração da estrutura, cobertura das armaduras e determinação da resistência mecânica do concreto.

Inspeção de Marquises

De início, foi realizada a medição para verificar as dimensões da marquise, inspeção visual com registros fotográficos, observando e identificando o estado de deterioração da estrutura e possíveis danos. Com o objetivo de identificar as marquises que possivelmente possam gerar problemas no futuro, problemas esses ligados a instabilidade, analisando fissuras paralelas ao engaste, fissuras na alvenaria, fissuras aleatórias, trincas transversais, trincas longitudinais, carbonatação do concreto, desagregação do concreto, exposição de armadura, sinais de infiltração, manchas de mofo/umidade, flecha, corrosão da armadura (manchas de corrosão), parte solta. Também foi identificado fatores que causam deterioração das marquises, como: perfuração na laje, sistema de drenagem obstruído ou inexistente, ausência de detalhes construtivos, sobrecarga na laje, manutenção muito antiga ou ausência de manutenção regular.

Para a inspeção não destrutiva nas marquises, foram utilizados os seguintes equipamentos: escada; trena de 3m; celular (utilizado para fazer o registro das imagens); fissurômetro; nível manual; esclerômetro Schmidt – Proceq; detector de Metais – Bosch – D-Tect 150; e pacometro Profoscope – Proceq.

Ensaio não destrutivos

Foi realizado os ensaios de pacometria e esclerometria, em todos as marquises que foram possíveis de serem utilizados os equipamentos, todas as estruturas analisadas foram marquises de proteção. As marquises tipo sacadas não seria possível o uso dos equipamentos, por conta da camada de revestimento cerâmico que as protegem, na parte superior da laje, dificultando e alterando o resultado dos ensaios, o mesmo aconteceu em algumas estruturas que possuíam uma camada de impermeabilização espessa e solta na parte superior da laje.

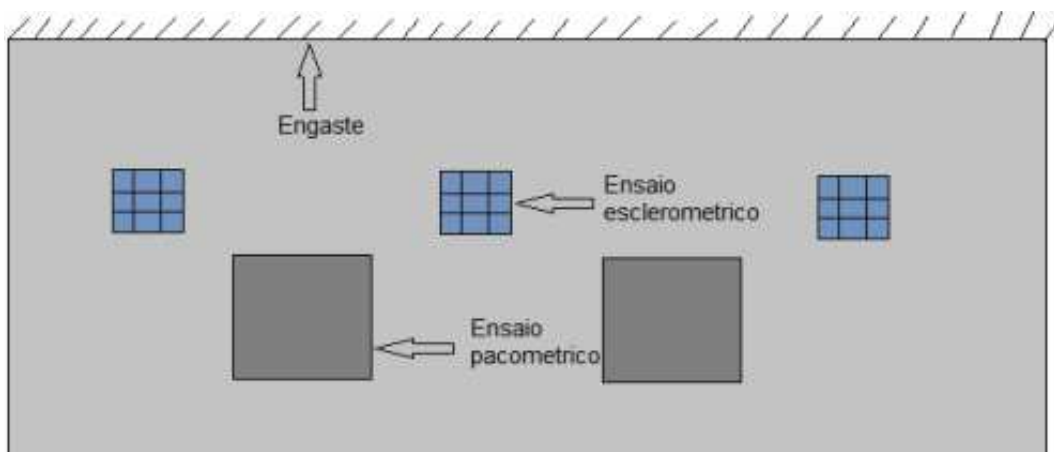
Esclerometria

A NBR 7584 (2012) define o ensaio esclerométrico como um ensaio não-destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, e através de correlações é possível estimar também a resistência à compressão, fornecendo elementos para a avaliação da qualidade do concreto endurecido. O ensaio consiste em um método utilizado para determinar o valor aproximado da resistência do concreto endurecido, em relação à compressão superficial que ele apresenta.

O esclerometro possui um dinâmica muito simples para se obter os resultados, o comprimir da mola do aparelho contra uma superfície do concreto. Quando se solta a mola, a massa sofre rebote ao se chocar contra o pistão, ainda em contato com o concreto, e a distância percorrida pela massa no retorno, em porcentagem da deformação inicial, é denominada índice esclerométrico.

Para realizar o ensaio, foi utilizado o aparelho esclerométrico de reflexão schmidt da marca Proceq, conforme Figura 2. O ensaio esclerométrico foi aplicado nas estruturas, conforme Figura 3, seguindo as determinações da NBR 7584:2012, para que a medição ocorra de maneira esperada, observando as distâncias dos cantos e arestas de 50mm e os espaços mínimos de 30mm, com cada área de ensaio tendo no mínimo 9 impactos realizados e devem estar uniformemente distribuídos no local do ensaio. Após realizar o ensaio em 3 partes distintas da laje, obtendo os valores de cada impacto individual, correspondente a uma única área de ensaio, para chegar ao resultado.

Figura 2 – Estrutura com áreas de ensaio



Fonte: o autor.

De acordo com a NBR 7584 (2012), deve-se desprezar todo índice esclerométrico individual que esteja afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calcular a média aritmética. O índice esclerométrico médio final deve ser obtido com no mínimo cinco valores individuais.

Quando isso não for possível, o ensaio esclerométrico dessa área deve ser desconsiderado. Nenhum dos índices esclerométricos individuais restantes deve diferir em mais de 10% da média final, se isso acontecer, o ensaio dessa área deve ser desconsiderado.

Para alcançar o resultado final, precisa-se saber o índice médio esclerométrico efetivo: primeiro se deve encontrar o índice esclerométrico (I_E), conforme equação 1, aplicando os golpes com o esclerometro na vertical.

Figura 3 – Ensaio esclerométrico



Fonte: o autor.

$$IE = \frac{\sum \text{dos resultados}}{\text{Números de impactos}} \quad (1)$$

Resultados dos impactos:

42	37	40
42	41	38
39	37	38

$$IE = \frac{42 + 37 + 40 + 42 + 41 + 38 + 39 + 37 + 38}{9}$$

$$IE = 39,33$$

Verificação de valores dentro dos 10% permitidos, conforme NBR 7584:2012.

$$39,33 + 10\% = 43,26$$

$$39,33 - 10\% = 35,39$$

A coeficiente “k” foi fornecido pelo fabricante, efetua-se o cálculo para achar o índice médio efetivo (equação 2).

$$I_E \alpha = k \cdot IE \quad (2)$$

$$I_E \alpha = 0,99 \cdot 39,33$$

$$I_E \alpha = 38,93$$

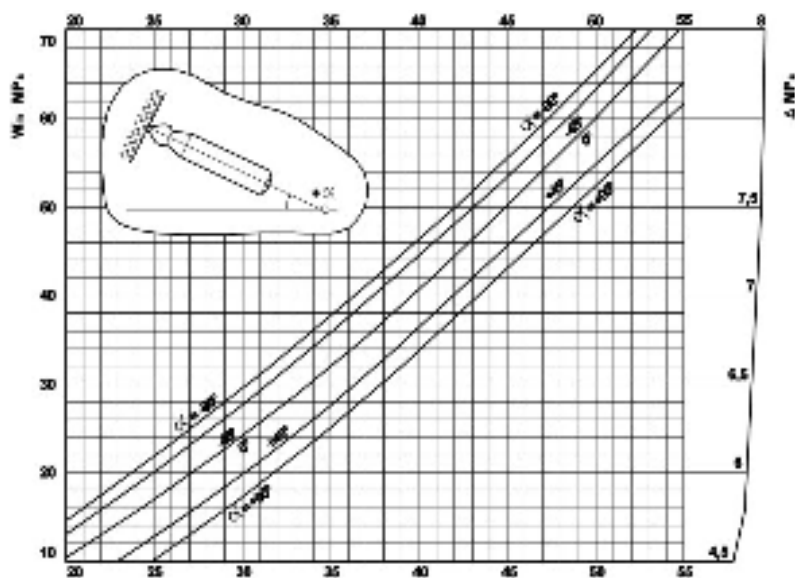
Onde:

$I_E \alpha$ – é o coeficiente esclerométrico médio efetivo;

k – é o coeficiente de correção do índice esclerométrico;

I_E – é o índice esclerométrico médio.

Figura 4 – Ábaco esclerométrico



Fonte: adaptada de Ibracon (2021)

Utilizando o ábaco de correlação (Figura 4), obtendo o valor de 44,15 MPa para o valor calculado.

Pacometria

De acordo com a NBR 8802 (2013), o ensaio pacométrico é realizado para determinar a localização ou condições das armaduras no concreto, também sendo possível verificar o cobrimento e o diâmetro.

Os equipamentos utilizados foram o detector de barras proceq na Figura 5, que utiliza a tecnologia eletromagnética de indução de pulso para detectar armaduras. As bobinas são periodicamente carregadas por pulsos de corrente, gerando, desse modo, um campo magnético. A mudança resultante na tensão pode ser utilizada para a medição, usando diferentes arranjos de bobinas para gerar diversos campos magnéticos, permitindo que o sinal localize as armaduras, ponto médio entre as armaduras, camada de concreto e estima o diâmetro da barra.

Figura 5 – Execução do ensaio de pacometria



Fonte: o autor.

E o detector de metal Bosch – D-Tect 150, que pode identificar além de objetos metálicos, como cobre e armaduras, não metais como madeira e PVC e também fios, cabos de corrente. Muitas vezes por ser um aparelho que possibilita a medição de vários materiais, tem uma dificuldade em especificar o material encontrado, indicando somente o cobrimento e a posição onde se encontra, tem uma limitação de espaço a ser utilizado, e pelas rodas, que em algum momento da medição perder o contato com a superfície, sendo ela irregular, atrapalha a medição em que está sendo realizada.

Ambos equipamentos possuindo as mesmas funções com peculiaridades distintas na medição, ambos foram utilizados, para ratificar e trazer informações o mais solidas possíveis na análise.

Resultados e discursão

Durante inspeção visual, algumas observações foram levantadas para o surgimento dessas manifestações patológicas, a falta de manutenção é uma das principais causas, sendo acompanhadas pela sobrecarga na estrutura por conta de letreiros e sistemas de refrigeração, perfuração para fixação ou passagem de fios e tubulação, acelerando o processo de degradação, provocando instabilidade devido a corrosão das armaduras, provocados pela infiltração da água e pela falta de conhecimento de devidos cuidados estruturais.

Na Tabela 1, apresenta-se as possíveis causas para formação de manifestações patológicas, identificadas durante a inspeção visual nas marquises

Tabela 1 – Manifestações patológicas encontradas e causas

	Patologias									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Fissuras	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X
Carbonatação do concreto	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
Desplacimento do concreto	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-
Exposição de armadura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltração	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mancha de mofo/umidade	X	X	-	X	-	X	-	X	X	X
Corrosão da armadura	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-
Causas	-	S2,P,D,A	S2,P,D,A	S1,S2,P,D,A	S1,S2,P,D,A	S1,P,D,A	S1,P,D,A	S2,P,D,A	-	D,A








S1= Sobrecarga placa/baner

S2= Sobrecarga Ar-condicionado

P= Perfuração na laje

D= Sistema de drenagem obstruído ou inexistente

A= Ausência de manutenção periódica ou manutenção antiga

	Fissuras na parte inferior
	Fissuras na parte Superior
	Fissuras na parte superior e inferior
	Marquises que receberam ensaio não destrutivos
	Desplacimento do concreto (superior)
	Desplacimento do concreto (inferior)
	Desplacimento do concreto (superior e inferior)

Fonte: o autor.

Observa-se que as marquises estão suscetíveis ao agravamento, pois contêm fissuras, infiltração, manchas de mofo, abertura na parte superior na marquise, possibilitando a passagem d'água causando a corrosão da armadura, na parte inferior da mesma. A maioria das manifestações patológicas encontradas durante as inspeções tem ligação direta com a falta de manutenção.

Segundo Natália (2020), as fissuras os primeiros sintomas a aparecer em uma estrutura de concreto e podem se manifestar desde a concretagem até após a mesma. É de suma importância a diagnosticar a origem e o que está causando a fissura, pois se as causas não forem solucionadas, de nada adiantará tratar apenas a abertura. A sua configuração, abertura, posição, espaçamento e trajetória podem indicar como foi a causa.

De acordo com Nascimento (2020), a corrosão de armaduras é um dos processos degradantes com maior incidência nas estruturas de concreto armado. O processo de corrosão de armaduras avança de superfície de concreto até o interior da peça em que se encontra a armadura.

Conforme Abdala Neto (2020), as manifestações de corrosão de armaduras se apresentam em uma sequência iniciada pelo aparecimento de manchas superficiais amarronzadas, seguidas de expansões ocasionadas pela formação de óxi-hidróxidos, que ocupam espaços na maioria das vezes maiores que a seção original da barra da armadura, causando elevações de tração.

Durante as inspeções foi possível endossar e comprovar o que autores mencionam, com relação a esforços não dimensionados, aplicados a estruturas antigas, como ar-condicionado, banner e letreiros, camadas de impermeabilização espessas e ineficientes. Acelerando o processo de degradação e futuros colapsos.

De acordo com Medeiros (2007), a aplicação de cargas não previstas em projeto é muito comum em lajes e marquises antigas e pode ser tanto um fator prejudicial a sua durabilidade como o próprio agente causador isolado da ruína da estrutura.

Novas impermeabilizações são aplicadas da mesma forma até a ruína da marquise por sobrecarga não prevista em projeto, o autor também, explica que o acúmulo de água sobre a marquise também pode vir a produzir sobrecarga na mesma. Isso ocorre quando os sistemas de escoamento de águas pluviais estão subdimensionados ou estão falhos (geralmente pelo fato de a impermeabilização estar vencida ou as tubulações de escoamento estarem obstruídas) e em alguns casos inexistentes (GROCHOSKI, 2007).

Outra fonte de sobrecargas em marquises é a instalação de equipamentos como ar-condicionado entre outros e de estruturas secundárias como letreiros (MEDEIROS, 2007).

Exemplo dessas causas patológicas, citadas anteriormente, foi observado nas Figuras 6 e 7. Onde possuem vários sistemas de refrigeração e placa de informação trazendo sobrecarga, laje perfura para fixação (Figura 7) destes elementos nas marquises, além de apresentar erro de projeto, pois ambas marquises não possuem inclinação para a queda d'água nem ralo para drenagem.

Figura 6 – Sistemas de refrigeração e placa informativa



Fonte: o autor.

Figura 7 – Perfuração na laje acúmulo de água e placa informativa



Fonte: o autor.

Entre as marquises inspecionadas, não existia o sistema de drenagem, sistema indispensável para essas estruturas, durante as inspeções, que foi executado no período de precipitações positivas da região em que foi realizado o estudo, foi possível presenciar o líquido empossado,

o que ocorre de forma frequentes nessas estruturas. Mesmo com a presença de impermeabilização recente, causando aprisionamento desse fluido presente na marquise, ocorre a infiltração nas brechas da impermeabilização, fissuras ou ocorre a evaporação, originado pelo gradiente de temperatura, gerando muita umidade na estrutura.

Furos nas marquises também são algo comum, para fixar placas, sistemas de refrigeração, passagem de fios elétricos e condutores hidráulicos, agravando mais ainda o processo de degradação, causado pela infiltração da água por esses furos na parte superior da laje como mostra Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Fixação de placa informativa



Fonte: o autor.

Figura 9 – Passagem de fios



Fonte: o autor.

Outro problema frequentemente encontrado, é a presença de vegetação nas lajes (Figura 10), pela inexistência de limpeza e manutenção periódica preventiva. Mesmo com o ralo de drenagem, a vegetação acaba obstruindo (Figura 11) o curso natural que foi projetada para que a água fosse eliminada da marquise.

Figura 10 – Presenta de vegetação e limo



Fonte: o autor.

Figura 11 – Ralo de saída d'água obstruído



Fonte: o autor.

Conforme Figuras 12 e 13, a tentativa de esconder a real situação da estrutura é comum na região, pintura recém mantida para maquiagem a umidade/mofo e forros de pvc são os meios normalmente utilizados para esconder a condição degradante da marquise, porém muitas vezes essa barreira superficial, que evita a inspeção não é o suficiente para que o genuíno estado se mostre.

Figura 12 – Bolor/umidade no forro PVC



Fonte: o autor.

Figura 13 – Umidade/descolamento da pintura e fissuras



Fonte: o autor.

Em decorrência das manifestações patológicas encontradas nas marquises, segue algumas das causas, conforme Figura 14.

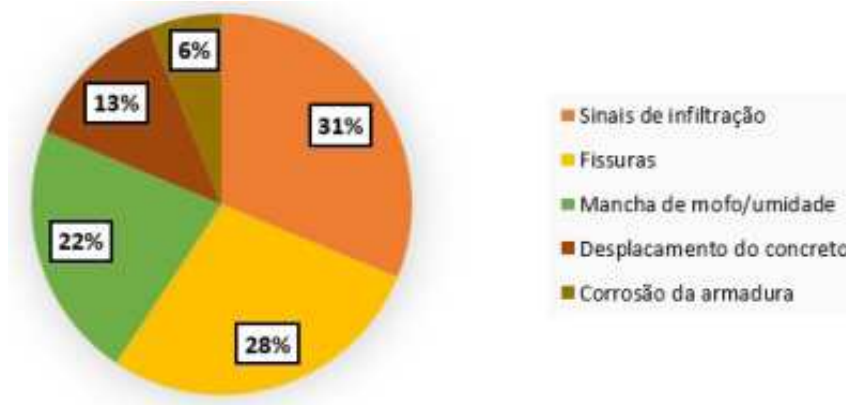
Figura 14 – Ocorrência das possíveis causas de formação das manifestações patológicas s %



Fonte: o autor.

A Figura 15 apresenta algumas das manifestações patológicas comumente encontradas, durante a inspeção visual.

Figura 15 – Ocorrência das manifestações patológicas s em marquises %

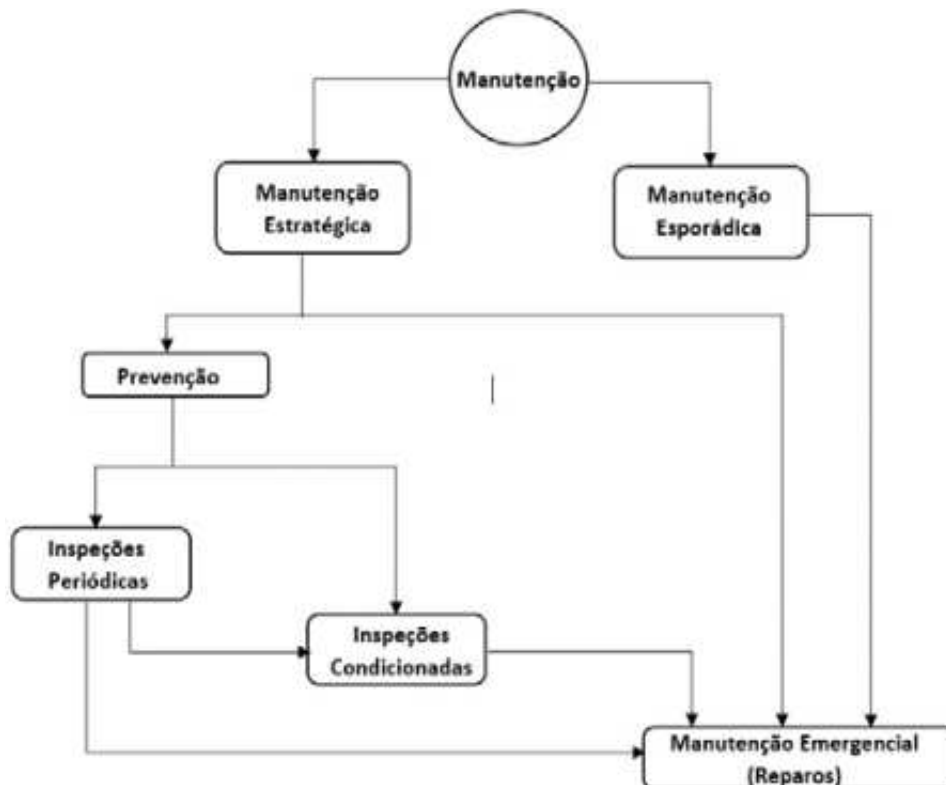


Fonte: o autor.

Os resultados das Figuras 14 e 15, apresentam informações que comprovam as causas e os motivos que geralmente são notados nessas estruturas, tendo início na ausência da manutenção. Sendo ela realizada de forma preventiva, conforme Figura 16, atenuaria os gastos e aumentaria a segurança, prolongando o trajeto até uma possível manutenção emergencial.

De acordo com Ripper e Souza (1998), a inspeção periódica é elemento indispensável na metodologia da manutenção preventiva. Quando bem executada, é instrumento essencial para garantia de durabilidade da construção, sendo sua finalidade de registrar danos e anomalias e de avaliar a importância que os mesmos possam ter do ponto de vista do comportamento e da segurança estrutural.

Figura 16 – Critérios para manutenção das estruturas



Fonte: adaptada de Ripper e Souza (1998)

Segundo Medeiros e Groshoski (2007), a manutenção de marquises, deve ser realizada em períodos mais curtos, em relação a manutenção realizada na estrutura principal. Além disso, engenheiro que fará as vistorias periódicas deve ter experiência na área de manifestações patológicas e funcionamento estrutural das estruturas de concreto armado.

De maneira geral, as marquises inspecionadas se encontram em situação vulnerável, com avisos visíveis de que a estrutura precisa de reparos e manutenção, para interromper o avanço da degradação e futuro colapso.

Grochoski e Medeiros (2007), informam que se deve tomar muito cuidado com elementos em balanço, pois eles tendem a sofrer ruptura brusca, tipo frágil, sem aviso, por isso um programa de manutenção é de extrema importância.

Ensaio não destrutivos

O ensaio não destrutivo tem o objetivo de examinar a qualidade e resistência a compressão do concreto em estruturas acabadas. De descobrir e prevenir falhas nos materiais, perceptivelmente indicado por trincas, bolor, descolamento do concreto, umidade e etc... Essas manifestações através do ensaio, sem danificar, tornando o processo mais simples e econômico para captar informações.

Foram utilizados dois métodos de ensaio, um para verificação da resistência do concreto, outro para obter o posicionamento das armaduras, diâmetro e cobrimento da camada de concreto, usando o esclerometro e pacometro respectivamente.

Ensaio de esclerometria

De acordo com a NBR 7584 (2012), o ensaio esclerométrico é o método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, fornecendo elementos para a avaliação da qualidade do concreto endurecido. O ensaio foi realizado nas marquises M1, M6, M7, M8, M9 e M10, conforme rege a norma, foram compilados os seguintes resultados.

Resultados do ensaio de esclerometria

As Tabelas (2 a 7), na sequência apresentados mostram os resultados dos ensaios esclerométricos, utilizando método descritos no item 2.2.1

Tabela 2 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M1

Ensaio de Esclerometria			
M1	Área 1	Área 2	Área 3
L1	26	28	28
L2	24	26	29
L3	24	26	27
L4	26	27	26
L5	25	28	26
L6	28	27	27
L7	24	29	28
L8	22	28	29
L9	27	25	26
Média	26	27	27
N	8(atende)	9(atende)	9(atende)
I_{Eα}	25,25	26,84	27,06
Valor de K= 0,99			
I_{E(médio)} = 26			
10% permitidos	<= 10%	29	
	>= 10%	24	

Fonte: o autor.

Tabela 3 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M6

Ensaio de Esclerometria			
M6	Área 1	Área 2	Área 3
L1	27	28	29
L2	21	26	29
L3	30	32	29
L4	26	29	32
L5	24	28	34
L6	19	26	29
L7	28	32	31
L8	19	30	34
L9	18	32	29
Média	28	28	30
N	4(atende)	6(atende)	7(atende)
I_{Eα}	27,47	27,56	29,42
Valor de K= 0,99			
I_{E(médio)} = 28			
10% permitidos	<= 10%	31	
	>= 10%	25	

Fonte: o autor.

Tabela 4 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M7

Ensaio de Esclerometria			
M7	Área 1	Área 2	Área 3
L1	27	28	29
L2	21	26	29
L3	30	32	29
L4	26	29	32
L5	24	28	34
L6	19	26	29
L7	28	32	31
L8	19	30	34
L9	18	32	29
Média	28	28	30
N	4(atende)	6(atende)	7(atende)
I_{Eα}	27,47	27,56	29,42
Valor de K= 0,99			
I_{E(médio)} = 28			
10% permitidos	<= 10%	31	
	>= 10%	25	

Fonte: o autor.

Tabela 5 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M8

Ensaio de Esclerometria			
M8	Área 1	Área 2	Área 3
L1	28	24	12
L2	32	18	18
L3	26	24	19
L4	24	24	28
L5	22	25	20
L6	26	24	19
L7	24	18	24
L8	22	22	22
L9	24	25	20
Média	23	24	22
N	5(atende)	7(atende)	9(atende)
I_{Eα}	22,97	23,76	21,29
Valor de K= 0,99			
I_{E(médio)} = 23			
10% permitidos	<= 10%	25	
	>= 10%	20	

Fonte: o autor.

Tabela 6 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M9

Ensaio de Esclerometria			
M9	Área 1	Área 2	Área 3
L1	16	24	23
L2	24	22	24
L3	26	22	24
L4	22	23	28
L5	24	24	22
L6	30	25	25
L7	22	18	28
L8	24	24	23
L9	30	23	22
Média	23	23	23
N	5(atende)	8(atende)	7(atende)
$I_{E\alpha}$	22,97	23,14	23,05
Valor de K= 0,99			
$I_{E(médio)}$	23		
10% permitidos	<= 10%	25	
	>= 10%	21	

Fonte: o autor.

Tabela 7 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M10

Ensaio de Esclerometria			
M10	Área 1	Área 2	Área 3
L1	18	25	0
L2	19	23	0
L3	14	20	0
L4	17	24	0
L5	21	25	0
L6	13	26	0
L7	17	31	0
L8	14	28	0
L9	21	26	0
Média	20	23	0
N	3(atende)	5(atende)	9(atende)
$I_{E\alpha}$	20,13	23,17	0,00
Valor de K= 0,99			
$I_{E(médio)}$	22		
10% permitidos	<= 10%	24	
	>= 10%	19	

Fonte: o autor.

Detalhamento:

- Área1, Área2, Área3 – Pontos da marquise em que foi realizado o ensaio;
- L1 a L9 – Leituras com esclerômetro;
- N – Número de resultados válidos;
- $I_{E\alpha}$ – Índice esclerométrico efetivo;
- K – Coeficiente de correção;
- ■ - Valores desprezados;

Conforme a NBR 6118 (2014), quando se conhecer a massa específica do concreto utilizado, pode-se considerar para valor da massa específica do concreto armado aquela do concreto simples acrescida de 100 kg/m³ a 150 kg/m³. Seria possível esse acréscimo com o projeto da estrutura em mãos.

Não foi possível fazer um comparativo entre o projeto e o ensaio realizado, pois os estabelecimentos não possuíam a documentação, pelo tempo de existência das estruturas. Desse modo, foi confrontado os valores medidos com o que informa a norma, utilizando o valor de 25 MPa, como parâmetro.

Segundo a NBR 6118 (2014), se a massa específica real não for conhecida, para efeito de cálculo, pode-se adotar para o concreto simples o valor 2 400 kg/m³ e para o concreto armado, 2 500 kg/m³.

De acordo com o ensaio realizado, chegamos aos resultados das marquises M1, M8, M9 e M10 abaixo do valor informado por norma, porém longe de ser um resultado relevante. Já as medições das marquises M6 e M7 ficaram acima do estabelecido, num grau satisfatório para a estrutura.

Ensaio de pacometria

O ensaio de pacometria foi aplicado nas estruturas de marquises afim de verificar o posicionamento da armadura e o cobrimento da laje, o ensaio foi executado de acordo com a metodologia mencionada no item 2.2.2.

A Tabela 8, apresenta os resultados dos ensaios realizados na parte superior da marquise, usando como referência a NBR 6118:2014, na qual apresenta a classe da agressividade ambiental e seu cobrimento de acordo com sua classificação correspondente, sendo as estruturas da classe II e cobrimento nominal para essas lajes de 25 mm.

Tabela 8 – Resultado do ensaio (mm)

Ensaio de pacometria									
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
46	56	56	68	70	58	58	50	-	-

Fonte: o autor.

Após avaliar os valores obtido no ensaio, observou-se que as marquises M1 a M8, possuem o cobrimento nominal suficiente. Já as marquises M9 e M10 não foi possível realizar a leitura na parte superior nem na inferior.

Análise Comparativa

Após leituras de trabalhos, artigos e dissertações sobre a importância e cuidados que deve ter com essas estruturas, se tratando de manutenção periódica e preventiva, já que não é possível fazer uma devida análise somente visualizando a parte inferior da marquise, que muitas vezes é maquiada, no sentido de renovação da pintura, a grande maioria dos estabelecimentos são de uso comercial, manter a estética é fundamental, porém a real situação da estrutura muitas vezes é notável. As manifestações patológicas encontradas com frequência como bolor, fissura, umidade, descolamento da pintura e do concreto, mostram que a laje está em situação vulnerável e sua impermeabilização não está funcionando como deveria, inibindo a passagem d'água para dentro concreto e aos poucos corroendo as armaduras.

Para que a inspeção seja feita de forma criteriosa é necessário o projeto das construções, porem tratando de prédios antigos, o hábito dos proprietários não era fazer um dossiê e manter arquivados esses documentos. A idade dos prédios, a rotatividade de donos, locatários e imobiliárias responsáveis, influenciam para que nesse processo, o projeto acabe se perdendo, e com elas as informações estruturais, manutenções realizadas etc.

Devido à falta de conhecimento do zelo estrutural, um ponto bastante citado nas literaturas, e isso acaba refletindo na prática, com o que foi verificado durante a inspeção visual, furos, presença de vegetação, sobrecarga, abertura para passagem de fios, acúmulo de água e lixo, revelam o desconhecimento e a falta de fiscalização por parte de órgãos competentes, podendo ser feito um acompanhamento ostensivo e exigindo laudos periódicos de manutenção.

Analisando outros trabalhos ficou evidente que quanto maior a idade da estrutura, maior cuidado, e um acompanhamento, em períodos mais curtos se faz necessário. Isso não quer dizer que quanto mais velho for o prédio, mais crítico estará a estrutura em balanço. Podemos ter uma marquise com 20 anos de idade e possuir um estado crítico, por falta de cuidados e manutenção, por outro lado, podemos ter uma estrutura que possui 70 anos, e o seu estado e conservação está satisfatório, sendo possível observar claramente que o trabalho de manutenção é realizado corretamente e na devida atenção que a estrutura merece.

A Tabela 9, mostra que a idade das estruturas na região em que o estudo foi executado, precisa de uma atenção maior e mais de perto por parte daqueles que usam. No estágio em que essas marquises se encontram, com a idade mínima de 50 anos, sem a devida atenção e continuo descaso, pode ocasionar sérios problemas, neste caso, o mais crítico e indesejado, a ruptura e queda, podendo levar a óbito de pessoas que transitam pelo local.

Tabela 9 – Idade das marquises

Marquise	Idade das estruturas
M1	aproximadamente 54 anos
M2	aproximadamente 50 anos
M3	aproximadamente 50 anos
M4	aproximadamente 50 anos
M5	aproximadamente 50 anos
M6	aproximadamente 50 anos
M7	aproximadamente 50 anos
M8	66 anos
M9	aproximadamente 50 anos
M10	aproximadamente 51 anos

Fonte: o autor.

Considerações finais

As marquises inspecionadas neste trabalho possuem características que refletem a situação de grande parte das marquises de Blumenau-SC, sem rotinas de inspeção e manutenção, por consequência, ocorre a deterioração oferecendo riscos aos que usam a estrutura como proteção contra as intempéries, os pedestres. Muito se deve ao desconhecimento por parte dos proprietários, síndicos e usuários dos perigos relativos à falta de manutenção adequada ou descaso. Outro fator relevante é o trabalho realizado de maneira incorreta, muitas vezes por profissionais leigos e empresas sem conhecimento, somente mascarando a situação da estrutura e até mesmo piorando, no caso de adição de sobrecarga.

As principais manifestações patológicas encontradas em marquises estão relacionadas a falhas nos sistemas impermeabilização, com a entrada de umidade no concreto ocasiona um dos problemas mais perturbantes do ponto de vista de perda de desempenho e estabilidade da estrutura, que é a corrosão de armaduras. Para isso, uma impermeabilização bem executada já é um avanço para a manutenção da estabilidade da laje em balanço. Outro passo importante tem relação com a execução de inspeções ordinárias por profissionais capacitados, sendo capaz de perceber os primeiros sintomas de irregularidades e tomando providências reparatórias antes que a anomalia acarrete em consequências irreversíveis para o bom funcionamento e estabilidade estrutural.

Não foi possível se teve acesso a nenhum projeto das marquises examinadas. Infelizmente esta é a realidade da grande maioria das marquises da cidade. No período em que as marquises do centro da cidade foram construídas não era de costume e nem cultural de manter os projetos, não possuindo a informação de como a estrutura foi construída ou quais cargas foram consideradas no momento de sua concepção. Importante ressaltar que essa condição dificulta o trabalho do profissional responsável sendo que a análise de projetos é uma das recomendações do projeto de norma NBR 16747 (2020).

Desse modo, os altos custos que envolvem a execução de ensaios profundos, o que inviabilizaria ainda mais as rotinas de inspeção, a norma orienta quanto à uma análise apenas visual da estrutura. Além disso, em alguns casos, apenas por meio visual não é possível atestar a estabilidade estrutural de uma marquise necessitando, dessa forma, de ensaios como os que foram realizados neste trabalho. Em últimos casos, mas se necessário, a escolha por demolição deve ser esclarecida, argumentada e justificada devidamente, utilizando ensaios e comparações com os custos de recuperação para se evitar demolições desnecessárias, resguardando o profissional em caso de algum sinistro futuro.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **projeto de estruturas de concreto – procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 16747: **inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologias e procedimentos**. Rio de Janeiro, 2020.

_____. NBR 7584: Concreto endurecido – **Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 8802: Concreto endurecido – **Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica**. Rio de Janeiro, 2013.

RIPPER, T; SOUZA, V. C. M. **Manifestações patológicas, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. Ed. São Paulo: Pini, 1998.

SENA, Gildean O. de; NASCIMENTO, Matheus L. M; NETO, Abdala Carim N; LIMA, Natália M. **Patologia das construções**. Salvador, Editora 2B, 2020.

MEDEIROS, M. H. F. de; GROSCHOSKI, M. **Marquises: por que algumas caem?** Artigo científico, 2007.

CORRELAÇÃO ENTRE TORQUES DE ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA E ENSAIOS SPT

CORRELATION BETWEEN CONTINUOUS HELIX PILE TORQUES AND SPT TESTS

Elían Pedro Zimmermann Jeremias¹

Leandro J. Isensee²

Aline de Viegas Beloni³

Resumo: O presente trabalho realizou um estudo comparativo por meio de coleta e análise de dados de campo referentes à execução de estacas Hélice Contínua Monitorada e estudo de solo SPT em três empreendimentos realizados em Santa Catarina e no Rio grande do Sul, comparando-se o valor de resistência do solo medido por golpes, N_{spt}, e a força necessária para uma perfuratriz Hélice Contínua executar a estaca, pressão hidráulica, tendo por objetivo relacionar estes dois valores, propondo-se a interferência de fatores de resistência do solo na demanda de força da perfuratriz para execução da estaca, estes valores foram comparados metro a metro, assim como através de pressupostos teóricos para a execução de estacas Hélice Contínua, métodos de cálculo de capacidade carga semiempíricos, e conceitos estáticos de média e variância. Com os resultados obtidos com esta análise elaborou-se para este trabalho uma análise da média dos valores de pressão hidráulica das estacas com o perfil de solo obtido pelo valor de N_{spt}, provando-se com esta comparação a diferença na resposta da perfuratriz para diferentes tipos de perfis de solo, e sua correlação entre a resistência do rolo e a demanda de força do equipamento para execução de estacas.

Palavras-chave: Pressão Hidráulica. Hélice Contínua. SPT.

ABSTRACT

The present work carried out a comparative study through the collection and analysis of field data referring to the execution of Monitored Continuous Helix piles and SPT soil study in three projects carried out in Santa Catarina and Rio Grande do Sul, comparing the value of soil resistance measured by blows, N_{spt}, and the necessary force for a Continuous Auger drill to execute the pile, hydraulic pressure, aiming to relate these two values, proposing the interference of soil resistance factors in the drilling force demand for the execution of the pile, these values were compared meter by meter, as well as through theoretical assumptions for the execution of Continuous Helix piles, semi-empirical load capacity calculation methods, and static concepts of mean and variance. With the results obtained from this analysis, an analysis of the average hydraulic pressure values of the piles with the soil profile obtained by the N_{spt} value was elaborated for this work, proving with this comparison the difference in the drilling response for different types of soil profiles, and its correlation between the roller resistance and the force demand of the equipment for the execution of piles.

Keywords: Hydraulic Pressure. Continuous Helix. SPT.

Introdução

Atualmente, nota-se que para obras de engenharia civil nos o uso de maquinário hidráulico a exemplo de escavadeiras, compactadores, pás-carregadoras entre outros é extremamente importante, isso pode ser atribuído ao fato da busca de obras com menores prazos e custos reduzidos. Como resultado dessa demanda, em 1970 foi elaborado o método de execução de fundações profundas por meio de perfuratriz Hélice Contínua Monitorada (HCM), e que veio para o Brasil no final da década de 80 (VELLOSO; LOPES 2010), denominadas de Estacas Hélice Contínua Monitorada pela a NBR 6122:2019 e que trazem para a área de execução de fundações inúmeras vantagens.

¹ Graduado em Engenharia Civil da Uniasselvi, Blumenau, SC, elianpedro99@gmail.com

² Prof Me do Curso de Engenharia Civil da Uniasselvi, Blumenau, SC, leandroisensee@gmail.com

³ Prof^a Me^a do Curso de Engenharia Civil da Uniasselvi, Blumenau, SC, aline.beloni@uniasselvi.com.br.

Porém, é preciso ter em mente que todo equipamento hidráulico apresenta limitações, que muitas vezes são listadas já em manuais da marca produtora e que podem ser previstas e analisadas a fim de se garantir a correta utilização do equipamento. Logo, torna-se necessário conhecer as limitações do equipamento utilizado, para se obter a desejada eficiência e não correr riscos de acidentes, prejuízos ou ainda a incorreta execução do serviço o que poderia acarretar riscos futuros.

Tratando-se de perfuratrizes hélice contínua, essas limitações podem ser expressas em vários espectros. Como apontado por Antunes e Tarozzo (1998), seu porte, diâmetro máximo de perfuração assim como profundidade máxima, alta produtividade demandar fornecimento intermitente de concreto, necessidade limpeza por maquinário hidráulico, uma quantidade mínima de estacas para se ter viabilidade econômica, além de ser necessário um torque da máquina apropriado ao diâmetro e profundidade a serem executados, visto que ainda segundo o que apontam os autores as diferentes máquinas presentes no mercado apresentam diferentes torques de trabalho.

É necessário também frisar que se tratando de fundações, segundo Milititsky; Consoli e Schanaid (2015), esta representa para a edificação parte importante da infraestrutura, pois atua como principal responsável por distribuir os esforços para o solo, assim, o conhecimento da composição do solo onde se localiza essa infraestrutura é essencial para a realização dela, para tanto temos o ensaio SPT.

Logo, com o que foi apresentado é possível discernir que para fundações, em especial se tratando de estacas Hélice Contínua Monitorada (HCM), existem dois fatores importantes que devem trabalhar concomitantemente, que são, o conhecimento das limitações do seu método executivo e por consequência do equipamento que o faz, e o conhecimento do que compõe o solo onde este será executado.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar a correlação entre o torque de execução de estacas HCM e o N_{spt} de ensaios SPT, prevendo a correlação entre estes dois índices, visto que, segundo Berberian (2015), para diferentes tipos de solos a perfuratriz demonstra diferentes comportamentos e exige diferentes demandas para a cravação de seu trado nele. Para atingir o objetivo geral, fez-se necessária sua divisão entre os seguintes objetivos específicos: comparar metro a metro à pressão hidráulica das estacas hélice contínua e o N_{spt} ; analisar se há diferença nas respostas do equipamento ao tipo de solo perfurado; comparar os resultados obtidos de diferentes localidades e com diferentes maquinários; determinar qual a correlação entre a pressão hidráulica do equipamento e o perfil de solo em que está sendo executado à estaca, tendo como base o índice de solo N_{spt} .

De acordo com Antunes e Tarozzo (1998), aumentando-se a resistência mecânica do solo, decresce a relação entre o avanço e a rotação do trado, fatores estes que estão intrinsecamente ligados ao torque que é aplicado no trado por meio da mesa rotativa, que determina a velocidade de rotação do trado do trado, esta mesa sendo a responsável por receber a pressão hidráulica do sistema e convertê-lo em torque, através de caixas redutoras.

Seguindo também o que é exposto por Lázaro e Wolle (2004), é possível de maneira satisfatória fazer correlações entre o monitoramento da esta Hélice Contínua Monitorada e o tipo de solo no qual ela está sendo executada.

Assim, visando ampliar o conhecimento nessa área, o presente trabalho busca fazer apontamentos que possam trazer melhor embasamento para escolhas mais eficazes e seguras com relação a escolha de maquinário para execução de estacas Hélice Contínua Monitorada, visto que segundo Berberian (2015) uma perfuratriz HCM com torque insuficiente corre o risco desconfinar o solo, não atingindo a finalidade desejada do método.

Metodologia

A base de dados que compõe esta análise foi fornecida por empresas de caráter privado por meio de arquivos elaborados em campo, tendo por objetivo determinar a correlação entre torque de estacas Hélice Contínua Monitorada e ensaios de solo a prospecção SPT metro a metro, comparando os relatórios de sondagem, onde consta o índice N_{spt} além de tipo de solo interessado, e gráficos de estacas Hélice Contínua Monitorada, onde consta a pressão hidráulica do sistema, diâmetro e maquinário interessado. Assim, segue na Figura 1 abaixo intitulada “Fluxograma”, demonstrando as etapas de pesquisa abordadas para levantamento e análise de dados.

Figura 1 – Fluxograma



Fonte: o autor.

Com isso houve o retorno com dados de campo de uma empresa localizada no sul de Santa Catarina que a pedido dela mantém-se o anonimato, e que para fins de referência e citação será intitulada como “Empresa A”. Os empreendimentos os quais servem de base para fornecimento de dados de campo estão situados em - Capão da Canoa/RS denominado neste trabalho de “Empreendimento A” em Tubarão/SC denominado de “Empreendimento B”, e em Criciúma/SC denominado de “Empreendimento C”. Por meio desse contato com a empresa A forneceu-se a planta de locação das estacas, com suas respectivas cargas de projeto, profundidade e diâmetros adotados, bem como o relatório de sondagem e a planta de locação dos furos de sondagem.

No que tange aos gráficos de monitoramento solicitados e correspondentes, as estacas executadas, a Empresa A forneceu na íntegra todos os documentos e gráficos relacionados as obras, os quais as quantidades de estacas referentes a cada obra estão listadas na Tabela 1, sendo que o Empreendimento A foi executado com uma perfuratriz hidráulica CZM EM 800/24 chassi Hyundai e os Empreendimentos B e C foram executados com uma perfuratriz hidráulica CZM EM 800/23 chassi Hyundai.

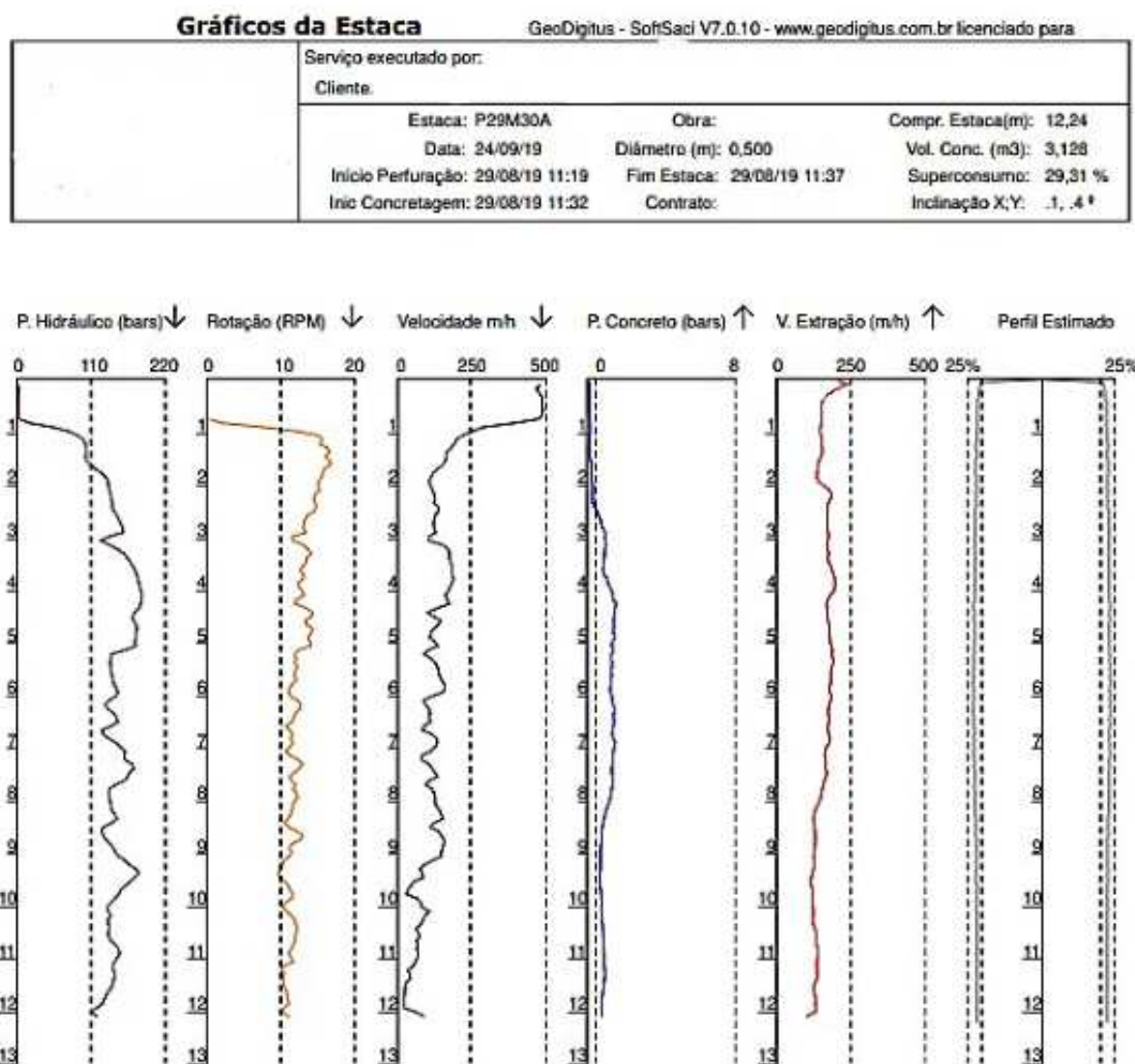
Tabela 1 – Relação de Estacas Empresa A.

Relação de Estacas Empresa A					
Empreendimento A		Empreendimento B		Empreendimento C	
Diâmetro	Qtd	Diâmetro	Qtd	Diâmetro	Qtd
φ35	15	φ40	18	φ35	34
φ50	18	φ45	64	φ50	30
φ60	40	φ50	48	φ60	58
-	-	φ60	32	-	-

Fonte: o autor.

Segue a Figura 2 extraída do documento recebido, que constam os gráficos para fim demonstração do nível de informações que cada gráfico possui.

Figura 2 – Gráfico da Estaca P29M30A.



Fonte: Empresa A (2019)

Todos os gráficos recebidos seguem estes padrões demonstrando as mesmas informações de cada respectiva estaca, apenas alterando os seus valores. Assim, das informações recebidas da Empresa A, adotou-se para a avaliação deste trabalho a primeira coluna, denominada de Pressão Hidráulica medida em Bar, e que determina o por conversão o torque necessário para a rotação do trado no momento de sua prospecção no solo, pois este é o parâmetro que se busca analisar com este trabalho referente as informações das estacas.

O valor do torque irá ser analisado metro a metro, preferencialmente os 45 cm que correspondem a faixa em que o SPT foi anotado no relatório de ensaio, tirando-se a média a cada 30cm, pois busca-se com isso uma análise mais coesa, baseando-se em trabalhos já previamente executados com essa mesma abordagem, foi este o parâmetro adotado, procurando-se assim seguir uma conformidade com o presente trabalho.

Outro parâmetro relevante, na analogia entre torque e N_{spt} , é a velocidade inserção no solo demonstrada pela terceira coluna, e a velocidade rotação, estes parâmetros seguirão como um guia para verificação da conformidade execução entre as estacas, visto que segundo Berberian (2015) é preciso manter uma velocidade inserção superior a um passo de volta do trado para que não aconteça a desagregação do solo e com isso seu desconfinamento.

No gráfico ainda é possível ver profundidade e tamanho do trado, os quais também são parâmetros analisados e interpretados pois a profundidade será o fator equalitário para comparação entre o gráfico da estaca e o ensaio SPT, o diâmetro do trado seguira como fator de comparação também pois conforme elaborado por Berberian (2015) quanto maior o diâmetro do trado, maior o torque necessário para a perfuração.

Com relação às outras informações disponíveis no gráfico não cabe a este trabalho a sua análise, e ou julgamento dos corretos meios de execução com relação a sua resistência, capacidade de carga, integridade, sobreconsumo etc. cabíveis a execução dentro da NBR vigente para cada.

Para os parâmetros referentes as capacidades da máquina utilizaram-se informações do manual técnico fornecido pela CMZ em seu site o qual consta as características técnicas para as perfuratrizes CZM EM 800/24. É visto no manual instrutivo da máquina fornecido pela CZM que existe um diagrama o qual expressa a conversão de rotação da máquina para torque, e que é demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama De Conversão De Rotação Para Torque.



Fonte: CZM ([21-] p. 9)

No entanto, não se utilizou desse diagrama, visto que, para sua precisa análise e conversão seriam necessárias as informações de troca de marcha do equipamento, as quais não estavam disponíveis no relatório, e que só seria possível o recolhimento dessas informações estando in loco e acompanhando a execução da estaca pelo operador.

É possível identificar, na Tabela 2 fornecida pela CZM, a conversão de Pressão hidráulica para torque para a perfuratriz 800/24.

Tabela 2 – Fatores Para Conversão De Pressão Hidráulica Para Torque

Caixa Redutora (HELICE)		
Pressão de trabalho	350	Bar
Vazão de trabalho	410	Lpm
No Grupos	2	unidades
Deslocamento Máximo do Motor	105	cm ³
Deslocamento Máximo do Motor AJUSTADO	105	
Deslocamento Mínimo do Motor	70	cm ³
Deslocamento Mínimo do Motor AJUSTADO	70	
Redução	11,2	l
Power Shift	1,00	l
Coroa	118	dentes
Pinhão	12	dentes
Pressão @vazão máxima @Potência máxima	162,4	Bar
Vazão @ pressão máxima @Potência máxima	190,3	Lpm
Torque Máximo	12890	kgf.m
Rotação Torque Máximo	8,2	Rpm
Rot. Max. Brevini	3.200	Rpm
Cil. Motor Hidr. @ Rot Max Brevini	64,1	cm ³
Cil. Motor Hidr. @ Rot. Interm.	84,0	cm ³

Fonte: CZM (2021)

Porém, também não foi utilizado este método de conversão, visto que para sua correta execução seriam necessárias informações específicas da máquina, informações estas não mais disponíveis, já que os empreendimentos estudados neste trabalho foram executados em 2017 e 2019 e a análise de dados ocorreu em 2021, desde então os fatores específicos em relação a máquina e necessários para a alimentação desta tabela podem ter sido alterados podendo comprometer os resultados deste trabalho.

Existindo ainda uma terceira maneira para a conversão de pressão hidráulica para torque sendo está exposta por Magalhães (2018) onde é dito que o fator de conversão fornecido pela Geodigitus, é de $T = 0,46 \times P$ para perfuratrizes 800, considerando o torque residual e onde o resultado é dado em kN.m. Este método também não será aplicado durante a etapa de estudo e comparação, preferindo-se a análise direta entre pressão hidráulica e N_{spt}, para minimizar qualquer alteração que possa afetar os resultados, sendo então aplicado na análise final para comparação entre média de torque das estacas e N_{spt}.

Durante o recolhimento de dados, obtiveram-se gráficos de estacas de uma segunda empresa, localizada no litoral de Santa Catarina, e os quais não foram utilizados neste trabalho por estarem incompletos e não apresentarem a informação de rotação do trado.

Com relação ao ensaio SPT, cada empreendimento contou com a execução de uma empresa distinta, as quais entrou-se em contato telefônico para informações a respeito do método executivo, e onde verificou-se que para os empreendimentos B e C as empresas seguiram fielmente o método executivo proposto pela ABNT, com os parâmetros devidos de análise e de interrupção do estudo, porém, para o empreendimento A, a empresa responsável pela execução do estudo SPT, adotou um critério de parada que consiste em atingir 30 golpes.

Na prática, isso significa que se em 30 golpes não fossem atingidos os 15cm da camada, parava-se o processo de prospecção dinâmica por golpes do martelo, utilizando-se do trado para descer até a cota seguinte de análise, essa informação pode interferir nos estudos referentes ao empreendimento A pôr limitar os valores obtidos no ensaio.

A análise comparativa foi realizada por meio de tabelas expressando metro a metro o valor de torque, do N_{pst} , do tipo de solo e da profundidade referente a essas informações. E assim é demonstrada nos resultados.

Considerações para o desenvolvimento do estudo

A fim de se alcançar o proposto nos objetivos deste trabalho, iniciou-se a análise dos dados os quais foram obtidos da Empresa A, a análise começou pelos gráficos, os quais demonstraram uma disparidade valores de torques significativa, principalmente em relação ao torque máximo alcançado para a execução das estaca, então investigou-se junto com a Empresa A informação inicial de que todos estes gráficos tratavam-se de uma máquina apenas, chegando-se, após investigação interna, ao resultado de que as três obras foram executadas com duas máquinas sendo elas a CZM EM 800/24 chassi Hyundai e CZM EM 800/23 chassi Hyundai, assim deu-se prosseguimento com a análise dos dados dos gráficos somando-se este fator aos demais para análise final.

O primeiro passo da análise dos dados foi o de coleta de valores de pressão hidráulica dos gráficos disponíveis. Para tanto, mediu-se os valores diretamente nos gráficos com um intervalo de 5cm entre si nos 45cm correspondentes ao ensaio SPT, obtendo-se assim uma média de valores de torque para cada faixa de 30cm correspondente a um N_{spt} do estudo de solo realizado nas obras.

É necessário destacar que segundo o manual da Geodigitus a respeito do *Software* Saci utilizado para medição dos parâmetros da estaca na execução, os valores de pressão hidráulica assim como os demais registrados no gráfico são retirados a cada 8cm de perfuração e de concretagem da estaca, assim, tem-se ciência de que não foram coletados os valores a cada 8cm de estaca conforme medição do *Software*, mas sim o valor registrado no gráfico o qual é proposto por ele somando-se este fator para a análise final.

Justifica-se a adoção do intervalo de 5cm de coleta de dados, a fim de se obter um valor médio mais representativo, propondo, assim, sempre 6 valores do torque para cada faixa de 30cm correspondentes a um N_{spt} .

É necessário destacar que para o empreendimento A empresa executora do estudo de solo adotou para início dos estudo a profundidade 0.55 metros, ou seja, o ensaio do empreendimento A não iniciou nos 1m propostos pela NBR 6484.

Após a anotação de todos os valores de torque fornecidos pelos gráficos no *Software* Excel conforme a metodologia supracitada, separou-se as estacas por furo de sondagem, tendo como parâmetro para esta separação a distância da estaca para o furo, adotando-se a menor distancia como base para a correlação. Para aquelas estacas as quais se encontravam a mesma distância de dois furos de sondagem adotou-se para a análise a média de valores de N_{spt} dos dois furos, e então comparou-se a pressão hidráulica destas estacas com este valor de média,

tendo este método como desvantagem a perda da individualidade cada furo de sondagem, assim como da análise do tipo de solo ao qual o torque estava sendo comparado, visto que não se pode propor um solo “médio” para este caso.

Comparação Direta Entre SPT e Pressão Hidráulica

Deu-se início a análise dos valores de pressão hidráulica e N_{spt} , buscando-se inicialmente a correlação direta entre estes dois valores, elaborou-se para tanto um gráfico no *Software Excel* com as informações coletadas.

A correlação entre estes dois valores que constituiu a primeira parte ou etapa da análise em si, foi determinada por meio de uma linha de tendência linear, buscando-se assim uma correlação direta entre a pressão hidráulica e o N_{spt} , ou seja, buscava-se provar uma linearidade entre os dados e foi baseado no método de regressão linear desenvolvido originalmente por Francis Galton em 1875, que se desenvolveu-se esta análise.

Tomando-se como baixo os valores encontrados para R^2 na primeira análise, levando-se em consideração um limite de significância de 5%, um valor representativo de amostragem 17 e de regressões de 9, ou seja, R^2 para esta análise deveria ser superior a 82,54% para se provar o ajuste ao modelo linear, buscou-se um novo método de análise.

Comparação entre Profundidade e Pressão Hidráulica

Proseguiu-se com a análise dos dados, buscando explicar o motivo para as diferenças nos resultados encontrados até então com o que foi obtido de resposta da comparação direta entre pressão hidráulica e N_{spt} . Apoiou-se a nova análise no proposto por Berberian (2015) em seu conceito de “Aparafusamento”, o qual implica que o “*Pulldown*” da máquina é um fator necessário apenas para os primeiros metros de perfuração, cabendo a resistência do solo funcionar como “âncora” do trado, de maneira análoga ao parafuso na madeira.

Logo, o torque fica como principal responsável para introdução do trado a partir de um certo ponto da perfuração, e por consequência devido ao atrito com o solo e a resistência dele o torque aumenta até o ponto em que a máquina pode não suportar devido a extrapolação de seu torque máximo.

Baseado nesse pressuposto, analisou-se novamente com uma regressão linear se o torque do gráfico aumentava a medida em que se aumentava a profundidade. Para esta análise devido ao número de regressões, não se aplicou a frequência de valores mínimos representativos de R^2 por não ser possível sua determinação.

Comparação entre N_{spt} Acumulado e Pressão Hidráulica

Com o obtido até então de dados durante o desenvolvimento dos resultados, imaginou-se uma análise para pressão hidráulica e N_{spt} acumulado, prevendo a interferência das camadas superiores no trado e a melhor resposta da primeira análise ao torque dos ensaios do empreendimento B, novamente com o modelo de regressão linear.

Comparação entre Capacidade Carga e Pressão Hidráulica

O próximo passo da análise foi o determinar se poderia existir um coeficiente correto o qual expressaria a força exigida na ponta do trado para perfuração, e o atrito na lateral das hélices que transpassam as camadas superiores do solo, e se além disso o tipo de solo poderia influenciar na análise. Para tanto analisou-se os métodos de cálculo semiempíricos, e adotou-se para a correlação o método de capacidade carga proposto por Antunes e Cabral (1996), fazendo uma comparação novamente linear entre o resultado obtido pelo método e a pressão hidráulica obtida na execução da estaca.

Para esta comparação, não foram utilizados das médias de SPT, visto as diferenças entre os solos dos ensaios de um furo para o outro impossibilita a adoção dos parâmetros para o método. Para os parâmetros referentes ao solo utilizados no cálculo, baseou-se sua determinação por meio dos valores expostos em Velloso e Lopes (2010) e que seguem demonstrados na Tabela 3 que segue abaixo.

Tabela 3 – Parâmetros β'_2 e β'_1

Solo	β'_1 (%)	β'_2
Areia	4 – 5	2 – 2,5
Silte	2,5 – 3,5	1 – 2
Argila	2 – 3,5	1 – 1,5

Fonte: Velloso e Lopes (2010, p. 273)

Análise Estatística

Para aprofundamento na investigação da correlação direta entre torque e SPT, buscou-se uma análise de normatização de dados, verificando-se primeiramente a normalidade dos ensaios SPT por meio do valor de P, calculado por meio do teste de Shapiro Wilk para avaliação de normalidade, e para então definição da possibilidade análise paramétrica.

Devido aos resultados obtidos para o valor de P, considerou-se então dois novos testes, um com a comparação do logaritmo dos ensaios SPT com os valores de pressão hidráulica, para normalização dos valores de N_{spt} , e outro com o logaritmo dos ensaios SPT bem como dos valores de pressão hidráulica ambos buscando a normatização de dados e verificação paramétrica.

Análise de Variância

Visto a necessidade maior nível de exploração dos dados, buscou-se trazer para a pesquisa análises de variância e de covariância. Essas análises, segundo Fávero e Belfiore (2017), consistem nos cálculos da média dos desvios quadrados, podendo avaliar o quão os dados estão dispersos e na variação conjunta de duas variáveis quantitativas.

Mais especificamente, utilizou-se da análise ANOVA e ANCOVA, a qual segundo Fávero e Belfiore (2017) busca comparar as médias de três ou mais grupos por meio da análise de variância. Para tanto utilizou-se do *Software* estatístico Jamovi, o qual gerou os resultados para esta parte da análise e comparou-se os valores de pressão hidráulica de todas as estacas relacionadas ao seu ensaio SPT mais próximo a fim de verificar a disparidade dos valores obtidos com a execução delas.

Com os resultados obtidos para esta parte da análise buscou-se determinar se a variação de valores poderia ser correlacionada de alguma forma, para tanto executou-se um teste ANCOVA, o qual adotou-se como covariantes do estudo os fatores referentes a distância para o furo de sondagem e o diâmetro da estaca para verificação se algum destes fatores poderia estar correlacionado com a diferença de dados obtidas durante a execução das estacas.

Redução das Individualidades das Estacas

Para última parte de análise deste trabalho, foi elaborado valores de médias das pressões hidráulicas das estacas estudadas para cada furo de sondagem SPT, a fim de se minimizar as individualidades executivas inerentes a cada estaca percebidas no decorrer deste trabalho.

Após isto, como análise final, converteu-se os valores de médias de pressão hidráulica para torque através da fórmula fornecida pela Geodigitus e, então, comparou-se seus padrões de progressão aos perfis de solos estimados pelos índices N_{spt} dos estudos de solo SPT.

Resultados e discussões

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos para cada análise supracitada realizada no decorrer deste trabalho bem como discutidos suas significâncias para a etapa de análise posterior.

Para os resultados da primeira análise, a qual foi baseada na comparação direta entre N_{spt} e pressão hidráulica, os resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – SPT x Pressão Hidráulica

Obra	Furo	Qtd. de estacas	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo	Frequência <0.8254	Frequência >0.8254
Empreendimento A	SPT1	17	0.074	0.010	0.330	17.000	0.000
	SPT2	41	0.118	0.000	0.490	41.000	0.000
	SPT3	11	0.120	0.000	0.410	11.000	0.000
	M1e2	3	0.013	0.000	0.030	3.000	0.000
	M2e3	1	0.410	0.410	0.410	1.000	0.000
Empreendimento B	SPT1	42	0.542	0.180	0.760	42.000	0.000
	SPT2	47	0.798	0.380	0.950	25.000	22.000
	SPT3	52	0.784	0.480	0.920	22.000	30.000
	M1e2	12	0.715	0.520	0.880	2.000	10.000
	M2e3	9	0.857	0.720	0.940	8.000	1.000
Empreendimento C	SPT1	11	0.307	0.030	0.570	11.000	0.000
	SPT2	14	0.252	0.030	0.720	14.000	0.000
	SPT3	22	0.306	0.070	0.770	22.000	0.000
	SPT4	23	0.212	0.010	0.750	23.000	0.000
	SPT5	23	0.207	0.000	0.600	23.000	0.000
	SPT6	15	0.102	0.010	0.220	15.000	0.000
	M1E6	1	0.070	0.070	0.070	1.000	0.000
	M2E3	1	0.190	0.190	0.190	1.000	0.000
	M2E4	1	0.080	0.080	0.080	1.000	0.000
	M2E6	1	0.020	0.020	0.020	1.000	0.000
	M3E4	1	0.070	0.070	0.070	1.000	0.000
	M3E5	1	0.140	0.140	0.140	1.000	0.000
	M3E6	1	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000

Fonte: o autor.

É possível interpretar que dos três empreendimentos, apenas um demonstrou algum ajuste ao modelo linear, sendo este o empreendimento B. Ao analisarmos os estudos SPT realizados para os 3 diferentes empreendimentos podemos perceber que o empreendimento B demonstra em seus relatórios de sondagem uma progressão “crescente” em relação Nspt X Profundidade, o valor de Nspt para essa sondagem aumenta conforme sua profundidade, sendo esse um fator que pode ter influenciado positivamente nesse tipo de análise linear.

No prosseguimento da análise, conforme demonstrado na metodologia, baseando-se no exposto por Berberian (2015) e no resultado obtido para o empreendimento B, elaborou-se a tabela 5 que demonstra a relação entre a pressão hidráulica e profundidade.

Tabela 5 – Profundidade x Pressão Hidráulica

Obra	Furo	Qtd. de estacas	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo
Empreendimento A	SPT1	17	0.304	0.000	0.660
	SPT2	41	0.391	0.010	0.830
	SPT3	11	0.470	0.060	0.910
	M1e2	3	0.510	0.420	0.630
	M2e3	1	0.420	0.420	0.420
Empreendimento B	SPT1	42	0.698	0.450	0.900
	SPT2	47	0.657	0.170	0.890
	SPT3	52	0.645	0.330	0.920
	M1e2	12	0.725	0.570	0.920
	M2e3	9	0.632	0.530	0.770
Empreendimento C	SPT1	11	0.450	0.140	0.770
	SPT2	14	0.522	0.140	0.840
	SPT3	22	0.331	0.000	0.800
	SPT4	23	0.518	0.020	0.960
	SPT5	23	0.328	0.010	0.950
	SPT6	15	0.629	0.110	0.940
	M1E6	1	0.690	0.690	0.690
	M2E3	1	0.700	0.700	0.700
	M2E4	1	0.950	0.950	0.950
	M2E6	1	0.450	0.450	0.450
	M3E4	1	0.900	0.900	0.900
	M3E5	1	0.700	0.700	0.700
	M3E6	1	0.950	0.950	0.950

Fonte: o autor.

É possível determinar que a relação pressão hidráulica x profundidade obteve resultados mais positivos, trazendo valores médios mais altos para R² do modelo linear. Logo, pode-se extrapolar que existe uma correlação positiva entre o aumento da profundidade e o aumento do valor de torque conforme o exposto por Berberian.

Isso explicaria a falta de correlação direta entre o valor individual de N_{spt} com a pressão hidráulica, visto que é preciso analisar a interferência no trado das camadas superiores de solo, ou seja, dos resultados N_{spt} obtidos “acima”.

Para o terceiro método de análise, extrapolou-se conforme demonstrado na Tabela 6 que segue abaixo, a relação entre pressão hidráulica e SPT acumulado, para se tentar obter alguma relação ou justificativa que melhorasse a linearidade da comparação.

Tabela 6 – SPT Acumulado x Pressão Hidráulica

Obra	Furo	Qtd. de estacas	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo
Empreendimento A	SPT1	17	0.330	0.000	0.590
	SPT2	41	0.389	0.010	0.880
	SPT3	11	0.472	0.040	0.850
	M1e2	3	0.516	0.440	0.590
	M2e3	1	0.370	0.370	0.370
Empreendimento B	SPT1	42	0.827	0.720	0.930
	SPT2	47	0.800	0.410	0.950
	SPT3	52	0.803	0.370	0.960
	M1e2	12	0.830	0.690	0.950
	M2e3	9	0.862	0.710	0.920
Empreendimento C	SPT1	11	0.359	0.110	0.660
	SPT2	14	0.553	0.250	0.900
	SPT3	22	0.451	0.000	0.850
	SPT4	23	0.417	0.000	0.840
	SPT5	23	0.283	0.000	0.930
	SPT6	15	0.606	0.130	0.980
	M1E6	1	0.690	0.690	0.690
	M2E3	1	0.600	0.600	0.600
	M2E4	1	0.930	0.930	0.930
	M2E6	1	0.620	0.620	0.620
	M3E4	1	0.910	0.910	0.910
	M3E5	1	0.660	0.660	0.660
	M3E6	1	0.880	0.880	0.880

Fonte: o autor.

Apesar dos resultados médios de R^2 para a linearidade do SPT acumulado demonstrarem-se maiores do que o inicialmente comparado (com SPT Simples), ainda é possível notar valores baixos, até mesmo com resultados de R^2 próximo a zero. Isso pode significar que apesar dos valores médios serem maiores, ainda existem estacas com individualidades em sua execução, as quais fogem do pressuposto de linearidade, e com isso pode-se buscar novos métodos de comparação os quais consigam exprimir essa relação.

Assim de acordo com esta necessidade, apresenta-se o resultado da análise na Tabela 7, referente a comparação entre pressão hidráulica e capacidade carga calculado por meio do método semiempírico de Antunes e Cabral (1996).

Tabela 7 – Capacidade Carga x Pressão Hidráulica.

Capacidade de Carga X Pressão hidráulica					
Obra	Furo	Qtd de estacas	Valor médio	Valor minimo	Valor maximo
Empreendimento A	SPT1	17	0.362	0.000	0.600
	SPT2	41	0.304	0.000	0.750
	SPT3	11	0.364	0.000	0.850
Empreendimento B	SPT1	42	0.824	0.660	0.940
	SPT2	47	0.799	0.440	0.940
	SPT3	52	0.802	0.370	0.970
Empreendimento C	SPT1	11	0.405	0.160	0.710
	SPT2	14	0.605	0.250	0.940
	SPT3	22	0.435	0.020	0.910
	SPT4	23	0.446	0.000	0.890
	SPT5	23	0.292	0.000	0.940
	SPT6	15	0.592	0.250	0.810

Fonte: o autor (2021)

É possível identificar que mesmo com o método de Antunes e Cabral (1966) ainda assim obtiveram-se valores de R^2 próximos a zero também é possível interpretar pela comparação dos resultados que não houve mudança significativa nos valores de R^2 os quais expressam a linearidade, para visualização de maneira mais adequada esta comparação é demonstrada por meio da Tabela 8 apresentada a seguir, a qual expressa a diferença entre a comparação de valores para SPT acumulado e para capacidade cargas.

Tabela 8 – Comparação entre os Métodos de Análise.

Obra	Furo	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo
Empreendimento A	SPT1	0.032	0.000	0.010
	SPT2	-0.085	-0.010	-0.130
	SPT3	-0.108	-0.040	0.000
Empreendimento B	SPT1	-0.003	-0.060	0.010
	SPT2	-0.001	0.030	-0.010
	SPT3	-0.001	0.000	0.010
Empreendimento C	SPT1	0.046	0.050	0.050
	SPT2	0.052	0.000	0.040
	SPT3	-0.016	0.020	0.060
	SPT4	0.029	0.000	0.050
	SPT5	0.009	0.000	0.010
	SPT6	-0.014	0.120	-0.170

Fonte: o autor.

Na comparação entre os dois métodos, tanto valores positivos quanto valores negativos foram encontrados, não trazendo clareza alguma para os resultados, e incapacitando a demonstração de uma melhora na análise.

Resultados para análise estatística

Buscando-se outros métodos que possam contribuir para este trabalho, elaborou-se a segunda etapa de análise de resultados a qual é embasada em conceitos estatísticos.

Assim, para a primeira análise estatística, realizou-se o teste de normalidade Shapiro Wilk para determinação de modelo paramétricos e o qual o resultado para P, índice de normalidade, é identificado na Tabela 9 que segue abaixo.

Tabela 9 – Teste de Shapiro Wilk para Normalidade

Obra	Furo	Valor de P
Empreendimento A	SPT1	0.00600
	SPT2	0.00810
	SPT3	0.00460
	M1e2	0.00840
	M2e3	0.15350
Empreendimento B	SPT1	0.00010
	SPT2	0.00003
	SPT3	0.00022
	M1e2	0.00005
	M2e3	0.00010
Empreendimento C	SPT1	0.00400
	SPT2	0.45380
	SPT3	0.20180
	SPT4	0.04450
	SPT5	0.28250
	SPT6	0.68910
	M1E6	0.14980
	M2E3	0.09460
	M2E4	0.17720
	M2E6	0.13020
	M3E4	0.44800
	M3E5	0.06660
	M3E6	0.08100

Fonte: o autor.

De acordo com o proposto pelo teste, para valores de P calculado menores do que 0,005 de significância os valores analisados não podem ser considerados normalizados, logo, seguindo este princípio os valores de N_{spt} para o estudo de solo SPT3 de empreendimento A, para o SPT1, SPT2, SPT3 de empreendimento B, e para o SPT1 do empreendimento C não podem ser considerados normalizados ou seja, uma análise paramétrica não seria de possível aplicação com os dados desta maneira e então este deverão ser normalizados.

Assim, é exposto na Tabela 10 e 11 a relação entre o logaritmo de N_{spt} e o valor da pressão hidráulica.

Tabela 10 – Log SPT X Pressão Hidráulica

Obra	Furo	Qtd de estacas	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo
Empreendimento A	SPT1	17	0.102	0.000	0.490
	SPT2	41	0.168	0.000	0.640
	SPT3	11	0.165	0.000	0.590
	M1e2	3	0.043	0.000	0.130
	M2e3	1	0.570	0.570	0.570
Empreendimento B	SPT1	42	0.550	0.340	0.830
	SPT2	47	0.737	0.350	0.880
	SPT3	52	0.710	0.410	0.900
	M1e2	12	0.705	0.570	0.850
	M2e3	9	0.754	0.600	0.900
Empreendimento C	SPT1	11	0.112	0.010	0.580
	SPT2	14	0.035	0.000	0.100
	SPT3	22	0.067	0.000	0.220
	SPT4	23	0.136	0.000	0.830
	SPT5	23	0.313	0.000	0.700
	SPT6	15	0.179	0.010	0.470
	M1E6	1	0.090	0.090	0.090
	M2E3	1	0.040	0.040	0.040
	M2E4	1	0.110	0.110	0.110
	M2E6	1	0.010	0.010	0.010
	M3E4	1	0.000	0.000	0.000
	M3E5	1	0.200	0.200	0.200
	M3E6	1	0.440	0.440	0.440

Fonte: o autor.

É possível interpretar que não houve melhora em relação a análise de dados direta entre N_{spt} e pressão hidráulica, assim buscou-se normalizar tanto os valores de N_{spt} quanto a pressão hidráulica, na busca de uma melhor correlação.

Tabela 11 – Log SPT X Log Pressão Hidráulica

Obra	Furo	Qtd de estacas	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo
Empreendimento A	SPT1	17	0.087	0.000	0.520
	SPT2	41	0.169	0.000	0.660
	SPT3	11	0.166	0.000	0.560
	M1e2	3	0.026	0.000	0.080
	M2e3	1	0.600	0.600	0.600
Empreendimento B	SPT1	42	0.529	0.050	0.750
	SPT2	47	0.734	0.280	0.910
	SPT3	52	0.729	0.360	0.910
	M1e2	12	0.721	0.580	0.870
	M2e3	9	0.773	0.580	0.920
Empreendimento C	SPT1	11	0.550	0.080	0.570
	SPT2	14	0.255	0.010	0.840
	SPT3	22	0.482	0.120	0.900
	SPT4	23	0.204	0.000	0.700
	SPT5	23	0.307	0.000	0.730
	SPT6	15	0.100	0.000	0.270
	M1E6	1	0.080	0.080	0.080
	M2E3	1	0.160	0.160	0.160
	M2E4	1	0.450	0.450	0.450
	M2E6	1	0.030	0.030	0.030
	M3E4	1	0.040	0.040	0.040
	M3E5	1	0.260	0.260	0.260
	M3E6	1	0.020	0.020	0.020

Fonte: o autor.

Novamente, não se obteve o resultado desejado, ou seja, a melhoria na linearidade do modelo, buscando-se provar a correlação entre os dois valores.

Comparou-se as variâncias entre as estacas executadas para cada furo de sondagem, adotando-se novamente como nível de significância $P=0,005$. Os resultados do teste estão tabelados e demonstrados na Tabela 12.

Tabela 12 – Teste ANOVA

Obra	Furo	Valor de P
Empreendimento A	SPT1	P<0.001
	SPT2	P<0.001
	SPT3	0.57400
	M1e2	0.20000
	M2e3	-
Empreendimento B	SPT1	P<0.001
	SPT2	0.05300
	SPT3	P<0.001
	M1e2	0.24300
	M2e3	0.03400
Empreendimento C	SPT1	0.07000
	SPT2	P<0.001
	SPT3	P<0.001
	SPT4	P<0.001
	SPT5	P<0.001
	SPT6	0.03100

Fonte: o autor.

É possível estabelecer que para os testes realizados, a maior parte das estacas executadas em comparação aos furos de sondagem mostraram valores de média significativamente diferentes entre si, sendo 10 dos furos analisados com valores de significância abaixo de 0,005, e 5 deles com valores pouco diferentes, ou seja, para um mesmo furo de sondagem, as estacas as quais foram executadas próximas a ele obtiveram resultados diferentes e muito distantes entre si, fugindo da variância.

Com isso aplicou-se o teste ANCOVA, procurando determinar o fator covariante que pudessem explicar o resultado anteriormente obtido. Os resultados para o teste são exibidos na Tabela 13.

Tabela 13 – Teste ANCOVA

Obra	Furo	Valor de P Diâmetro	Valor de P Distância
Empreendimento A	SPT1	P<0.001	0.01600
	SPT2	P<0.001	0.05100
	SPT3	P<0.001	0.28200

Empreendimento B	SPT1	0.00200	0.18800
	SPT2	0.01100	1.00000
	SPT3	0.14900	P<0.001
Empreendimento C	SPT1	P<0.001	0.82700
	SPT2	0.00100	0.54500
	SPT3	0.46600	0.01200
	SPT4	P<0.001	0.44900
	SPT5	0.00400	0.40000
	SPT6	0.00100	P<0.001

Fonte: o autor.

É possível discorrer com os resultados obtidos uma tendência à similaridade dados, ou seja, algumas das correlações se mostraram positivas, determinando que para estacas do mesmo diâmetro e até no mesmo solo, os valores de pressão hidráulica coincidem e são parecidos dentro da variância esperada. Já para outros os resultados o valor de P apresentado demonstrou-se abaixo da significância mínima, logo não podem ser classificados como positivos sendo assim não foi possível uma resposta totalmente positiva, com nenhuma etapa de análise aplicada até o momento neste estudo.

Individualidades das estacas

Durante o percurso da análise de dados referentes à execução deste trabalho, foram encontradas estacas que se encaixaram de maneira quase perfeita aos métodos propostos, assim como estacas que não responderam a nenhum método de análise aplicado, outras, por sua vez, trouxeram dados únicos, os quais possibilitam correlações diferentes das pressupostas até o momento. Devido ao número de estacas elevado deste estudo, não é possível demonstrar estaca por estaca, e assim os valores dos testes até então foram apresentados de maneira resumida.

Porém, de maneira a aprofundar o estudo, serão demonstradas neste capítulo algumas estacas as quais possam ser consideradas exemplos a serem analisados individualmente. Para explicação do exposto na Figura 4 à estaca P20C.

Figura 4 – Comparação Torque x Profundidade (P20C)



Fonte: o autor.

Ao comparar a estaca P20C ao modelo linear, é possível observar que em questão a profundidade e ao SPT, seus valores de pressão hidráulica não se encaixam. A comparação linear de pressão hidráulica com profundidade obtém um R^2 de 0,4153, porém, ao analisar a sondagem SPT 1 do empreendimento A, é possível perceber que os valores de pressão hidráulica seguem o perfil de sondagem em relação a sua profundidade, logo, como o perfil de sondagem não prossegue de maneira linear, os valores de pressão hidráulica que o acompanham também não o fazem, dessa maneira é possível elaborar que o melhor encaixe para essa situação seria um modelo de regressão polinomial de ordem 4, identificando o pico e vale do gráfico.

Para esse modelo, o valor de R^2 é de 0,9172, conforme demonstra a Figura 5.

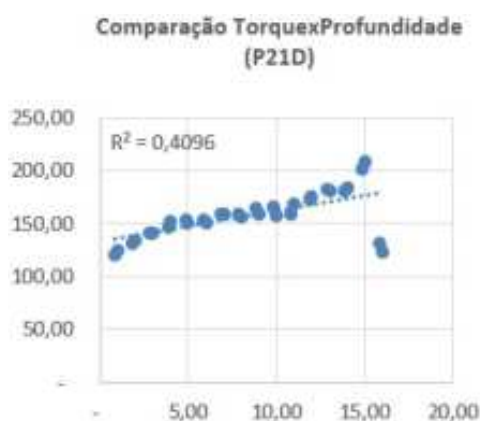
Figura 5 – Comparação Torque x Profundidade (P20C)



Fonte: o autor.

Seguindo o exemplo demonstrado, seria de se supor que todas as estacas próximas ao furo de sondagem SPT1 seguiriam o perfil de sondagem SPT, porém não é o caso, para o mesmo furo de sondagem são exibidas estacas as quais se encaixam de maneira melhor ao modelo linear, conforme Figura 6.

Figura 6 – Comparação Torque x Profundidade (P21D)



Fonte: o autor.

Seguindo o exemplo demonstrado é possível ver que para diferentes estacas mesmo próximas a um mesmo furo de sondagem, são extraídos diferentes perfis, cada um expressando uma individualidade sua execução, isso segue o proposto por Lázaro e Wolle (2004) referente aos fatores que interferem no monitoramento de estacas Hélice Contínua sendo eles fatores inerentes ao solo, a aspectos mecânicos e executivos.

Ou seja, apesar de comparar-se estacas ao mesmo tipo de solo e seus respectivos índices executadas com o mesmo equipamento, ainda existem fatores externos os quais podem alterar o resultado obtido, como a experiência do operador.

Isso iria de encontro com o exposto por Berberian (2015), em que é dito que o operador tem a capacidade alterar os valores de torque da estaca. Podendo isso ser interpretado tanto de maneira positiva quanto como negativa, visto que por vezes a execução da estaca pode estar exigindo muito da perfuratriz, o que danificaria o equipamento. Um exemplo no qual pode ser identificado uma mudança na execução da estaca está demonstrado no Figura 7.

Figura 7 – Comparação Torque x Profundidade (P06A)



Fonte: o autor.

Berberian (2015) indica que o torque operacional deve ser cerca de 80% do torque máximo da máquina, para este empreendimento foi utilizada uma Perfuratriz CZM EM 800/24 a qual apresenta pressão máxima de 350 bar e torque máximo de 12500kgf.m, interpretando esses

dados é possível verificar que nos primeiros 5 metros de perfuração o operador alcançou uma pressão de aproximadamente 200 bar, o que representa 57% da capacidade total da máquina.

Analisando o perfil de sondagem SPT 1 do empreendimento A no Anexo 1 é possível extrapolar que o operador manipulou o torque a fim de preservar a integridade da máquina, assim estabilizando o valor de pressão hidráulica requerida para executar a estaca. Isso explicaria o motivo do modelo de regressão logarítmica se adequar melhor a esta estaca, conforme Figura 8, onde o R^2 apresenta um valor de 0,6332, para o modelo logarítmico.

Figura 8 – Comparação Torque x Profundidade (P06A)



Fonte: o autor.

É possível discutir outro caso mais específico que apoia este princípio. Referente as estacas P01A e P01B, onde estas estacas pertencem ao mesmo bloco de coroamento do Empreendimento A, e são comparadas ao estudo de solo.

Primeiramente é possível analisar a estaca P01A, na figura 9.

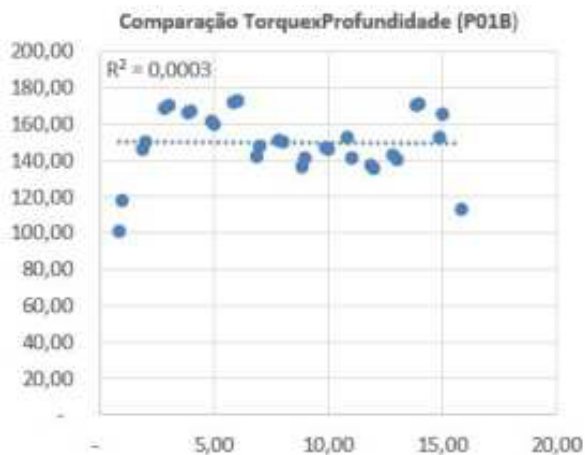
Figura 9 – Comparação Torque x Profundidade (P01A)



Fonte: o autor.

Identifica-se que para esta estaca o modelo linear é compatível e demonstra um bom resultado para R^2 , porém ao analisar-se o gráfico da estaca P01B (Figura 10), percebe-se uma situação divergente.

Figura 10 – Comparação Torque x Profundidade (P01B)



Fonte: o autor.

Para a estaca P01B o modelo linear apresenta uma representatividade extremamente baixa e assim para estas estacas localizadas no mesmo bloco, as quais apresentam entre si uma distância de apenas 1,30 metros, os resultados de ambas são completamente divergentes, sendo praticamente impossível uma correlação que consiga expressar a mesma razão para o estudo das duas.

Estudo da média dos valores

Seguindo o exposto até agora, elaborou-se a última etapa de análise deste trabalho, para tanto procurou-se reduzir qualquer individualidade inerente aos processos executivos das estacas, assim, realizou-se uma nova análise, comparando os valores médios representativos das pressões hidráulicas das estacas executadas para cada furo de sondagem SPT.

Comparando os valores médios de pressão hidráulica com o de N_{spt} , buscando encontrar um modelo de regressão o qual represente melhor esta tendência de dados, segue os resultados obtidos para a análise na Tabela 14.

Tabela 14 – Comparação Para Diferentes Modelos De Regressão.

Obra	Sondagem	Linear			Exponencial			Logaritmica		
		PressãoxProf.	PressãoxSPT	SPT	PressãoxProf.	PressãoxSPT	SPT	PressãoxProf.	PressãoxSPT	SPT
Empreendimento A	SPT1	0.3222	0.0038	0.0875	0.3016	0.0039	0.0931	0.5737	0.0019	0.1458
	SPT2	0.3924	0.0132	0.1639	0.3714	0.0133	0.1754	0.6187	0.0330	0.2130
	SPT3	0.0819	0.0325	0.1158	0.0754	0.0335	0.1186	0.2265	0.0715	0.1454
	M1e2	0.5380	0.0032	0.1680	0.5139	0.0033	0.1796	0.7508	0.0154	0.2836
	M2e3	0.4167	0.4199	0.2679	0.4018	0.3858	0.1942	0.5580	0.5774	0.3412
Empreendimento B	SPT1	0.7702	0.6250	0.5494	0.8383	0.5963	0.4564	0.5610	0.6037	0.5836
	SPT2	0.7254	0.8619	0.6765	0.8032	0.7884	0.5385	0.5051	0.8204	0.8103
	SPT3	0.7233	0.8938	0.7354	0.7937	0.8579	0.6007	0.4929	0.8022	0.7592
	M1e2	0.7580	0.7686	0.6483	0.8372	0.7064	0.5089	0.5371	0.7247	0.7030
	M2e3	0.6663	0.9023	0.7220	0.7505	0.8479	0.5731	0.4440	0.7795	0.7929

Empreendimento C	SPT1	0.6041	0.4295	0.5622	0.3900	0.5749	0.4505	0.7072	0.5681	0.6953
	SPT2	0.7693	0.2291	0.1746	0.2190	0.6991	0.2157	0.9127	0.1461	0.0300
	SPT3	0.6509	0.4125	0.5400	0.3550	0.6035	0.4629	0.7880	0.6050	0.5611
	SPT4	0.7857	0.2691	0.3943	0.2517	0.7427	0.3533	0.9125	0.2435	0.2180
	SPT5	0.4541	0.3251	0.2090	0.3059	0.4233	0.1227	0.6389	0.4354	0.3804
	SPT6	0.6280	0.0967	0.1919	0.5479	0.0900	0.1553	0.7645	0.0613	0.1845
	M1E6	0.6850	0.0725	0.0000	0.6198	0.0655	0.0001	0.7996	0.0852	0.0043
	M2E3	0.7019	0.1943	0.1126	0.6627	0.1885	0.1395	0.7697	0.1336	0.0144
	M2E4	0.9471	0.0847	0.1345	0.7867	0.1223	0.1314	0.8511	0.1072	0.1757
	M2E6	0.4522	0.0193	0.0001	0.4060	0.0190	0.0000	0.6235	0.0155	0.0119
	M3E4	0.9026	0.0673	0.0798	0.8795	0.0741	0.0989	0.8704	0.0218	0.0095
	M3E5	0.7005	0.1391	0.0077	0.6359	0.1303	0.0065	0.8411	0.2008	0.0184
	M3E6	0.9486	0.0000	0.0001	0.9092	0.0001	0.0001	0.9157	0.0061	0.0118

Legenda: Maior valor de Pressão x Profundidade Maior valor de SPT x Profundidade

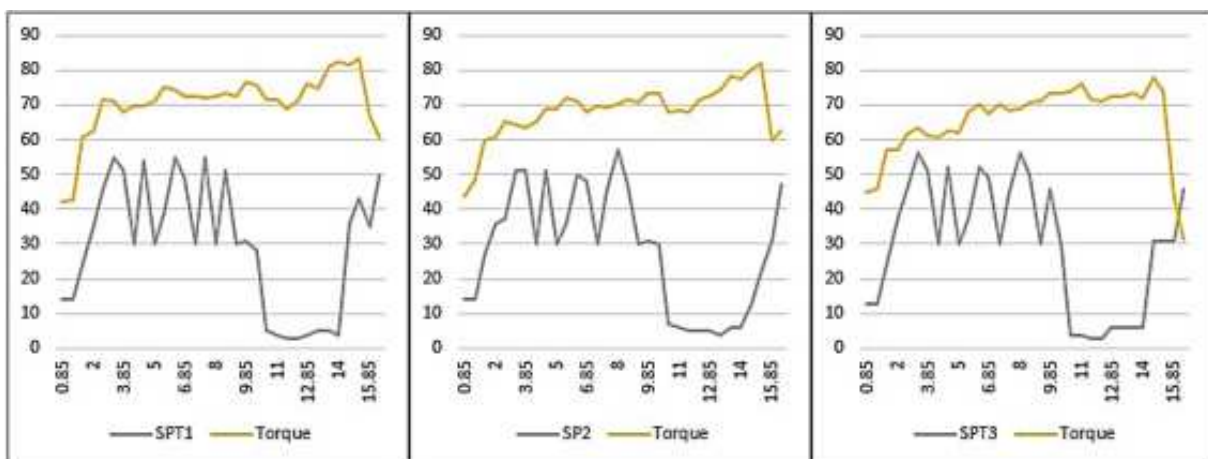
Fonte: o autor.

Observa-se que os resultados para média das estacas obtidos na análise anterior demonstraram tendências parecidas entre si para o empreendimento A e B, para o empreendimento A a média de estacas demonstrou uma boa resposta ao modelo logarítmico para todas as estacas. Para o empreendimento B o modelo de melhor ajuste foi o exponencial.

Para o empreendimento C percebe-se que tanto o modelo logarítmico quanto o modelo linear apresentaram bom ajuste as médias de pressão hidráulica das estacas.

Como última parte de resultados deste trabalho, foi comparado o perfil de SPT com os valores de torques médios das estacas, obtidos pela fórmula fornecida pela Geodigitus, a Figura 11 demonstra essa comparação para o empreendimento A.

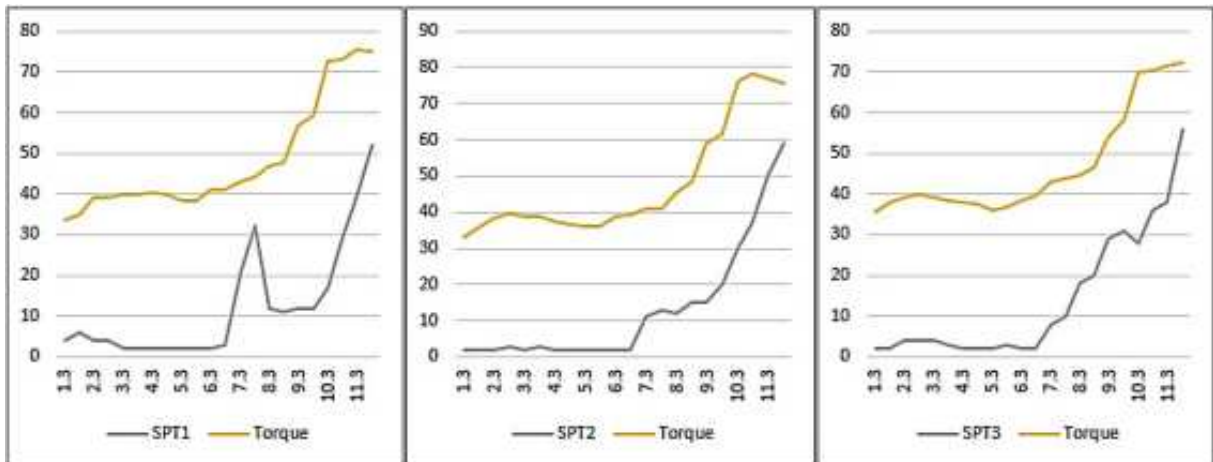
Figura 11 – Comparação entre Média de Torque e SPT empreendimento A



Fonte: o autor.

Para prosseguimento de comparações, a Figura 12 apresenta a comparação para o Empreendimento B.

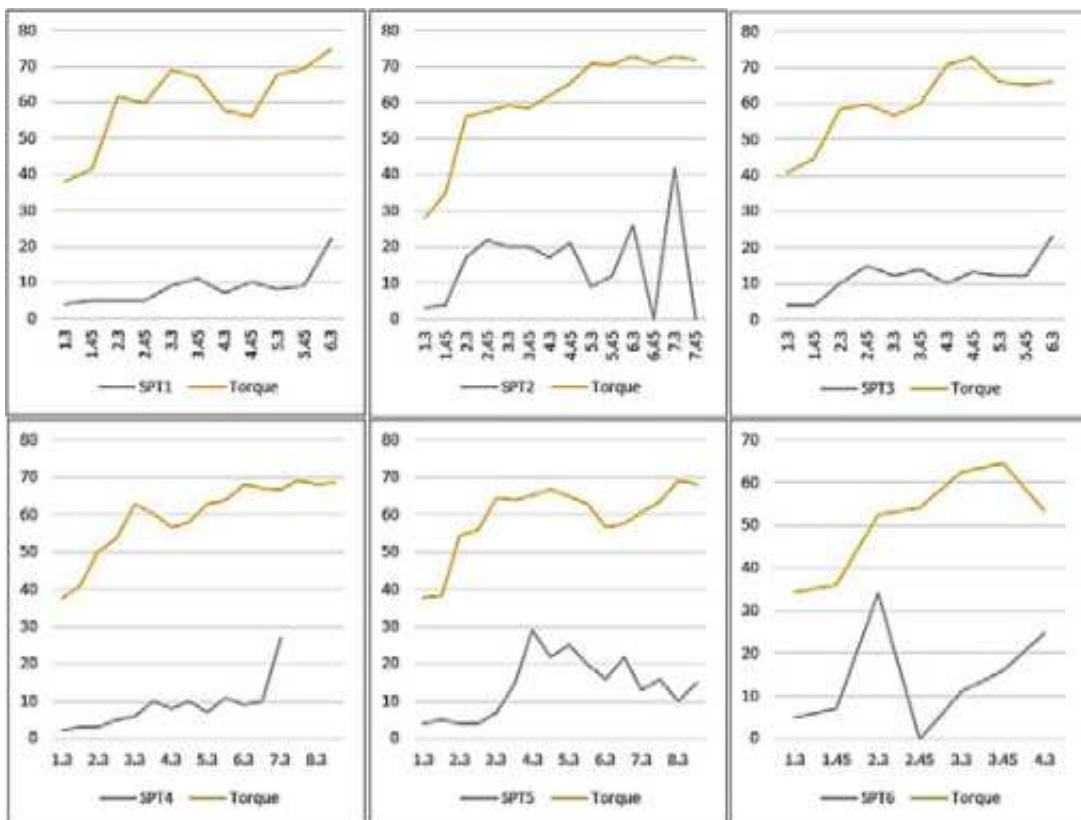
Figura 12 – Comparação entre Média de Torque e SPT empreendimento B



Fonte: o autor.

A Figura 12 apresenta a comparação entre a média dos torques das estacas e o perfil SPT, para o empreendimento C.

Figura 13 – Comparação entre Média de Torque e SPT empreendimento C.



Fonte: o autor.

É possível observar por estas comparações ao considerarmos ponto a ponto a relação entre o perfil de solo e a média dos torques das estacas, que existe uma interação entre seus valores, assim, apoiando a correlação entre a resistência do solo, e a demanda de esforço para

execução de uma estaca Hélice Contínua demonstrada pelos modelos de regressão na tabela. Para o empreendimento A, é possível ver que os valores de torque se mantem, mesmo com a queda dos valores de N_{spt} .

Para o Empreendimento B, os valores de torque tendem a subir, na medida em que aumentam os valores de N_{spt} . Porém para o empreendimento C as respostas não foram de acordo inteiramente, embora tenham mostrado tendências que seguem as variações do perfil de solo obtido pelo estudo SPT e mensurado pelos valores de N_{spt} , essas variações foram mínimas, e não responderam tão bem quanto para os outros dois Empreendimentos.

Conclusão

Seguindo o objetivo principal deste trabalho, tratando-se esse da comparação entre os valores de pressão hidráulica e torque com o valor de N_{spt} a fim de se determinar uma correlação os valores e que foi realizada no decorrer deste trabalho, pode-se concluir que a correlação entre a execução de estacas Hélice Contínua e o perfil de solo obtido na sondagem SPT e medido por valores de N_{spt} existe, embora essa correlação se demonstre forte apenas se avaliado de maneira a generalizar os dados, eliminando-se individualidade inerentes a cada estaca. Pois esta correlação pode variar de estaca para estaca devido a fatores devidos à execução específica de cada estaca e de seu monitoramento, como é exposto por Lázaro e Wolle (2004).

Logo, é possível determinar de acordo com a comparação metro a metro destes valores executada, que a resistência do solo altera o esforço exigido pela perfuratriz para a execução da estaca. Determinando-se, por exemplo, que se o solo se torna mais resistente à medida em que aumenta a profundidade, é exigido de maneira crescente um esforço maior para a máquina.

Esta situação é observada no empreendimento B, em que a média de torque da perfuratriz para todas as estacas executadas apresentou um modelo de regressão exponencial, significando que o esforço das camadas superiores interfere no torque, assim como o esforço para a perfuração de novas camadas conforme dados obtidos no decorrer das análises realizadas ao longo do trabalho.

É possível determinar pela quantidade de material estudado e embasado em teorias reconhecidas cientificamente, como a de Berberian (2015), que esse é um processo que pode acontecer para todas as estacas Hélice Contínuas monitoradas, com o adendo de serem executadas com uma perfuratriz 800, sendo este o modelo de máquina o qual executou as estacas estudadas neste trabalho.

É possível elaborar também como parte dos objetivos deste trabalho que para solos em que a resistência medida por meio do índice N_{spt} varia, ficando abaixo das camadas superiores, como é exemplo do empreendimento A, os valores de pressão hidráulica assim logo os de torque tendem a estabilizar devido à baixa demanda de pressão hidráulica do sistema para perfurar as novas camadas, porém ainda existindo a interferência das camadas superiores, isso é provado por meio do modelo de progressão logarítmica, o qual se encaixou melhor para a média de valores das estacas, identificando um alívio nos valores e estabilização do mesmo.

Ainda assim, essa é uma pressuposição a qual não pode ser afirmada com certeza absoluta, pois, uma das limitações deste trabalho foi o de não se ter acesso a índices específicos do solo, os quais variam entre os dois empreendimentos, e de fato fatores intrínsecos a composição da argila do empreendimento B podem estar trabalhando para uma situação de cisalhamento com o trado como exposto por Pinto (2011) onde é dito que as argilas possuem um cisalhamento específico que pode variar de acordo com sua composição mineralógica.

Assim como a compacidade da areia do solo componente do empreendimento A poderia ser um fator que contribua para a estabilização dos valores de torque. Isso pode ser apoiado no fato de haver resultados com diferença significativa nos valores de variância da pressão

hidráulica para as estacas contidas no mesmo tipo de solo, como é demonstrado nas análises de variância ANCONVA, onde nem todas as estacas demonstraram os seus valores dentro da variância para o mesmo tipo de solo.

Os resultados dos empreendimentos A e B corroboram com o que é exposto para o empreendimento C porém de maneira mais fraca, onde é possível perceber que os valores de N_{spt} tendem a estabilizar ou até diminuir conforme a profundidade, e assim os valores de pressão hidráulica tendem a estabilizar também seguindo o perfil de sondagem. Isso contribui para o fato de que para as perfuratrizes 800 esta correlação é verdadeira, visto que nos empreendimentos estudados foram utilizadas duas perfuratrizes diferentes onde para o empreendimento B e C foi a mesma perfuratriz e ambos trouxeram resultados os quais são correlatos, isso indo de acordo com um dos objetivos deste trabalho, ou seja, a comparação de respostas para diferentes perfuratrizes e localidades.

Todavia, essas correlações devem ser vistas de maneira a considerar suas limitações. Em momento algum foi acompanhado pessoalmente a execução das estacas, isso afeta o resultado no sentido em que, de maneira individual as correlações dos valores das estacas com os valores de N_{spt} tornavam-se improváveis. Logo, a única maneira encontrada para se atingir o objetivo deste trabalho foi o de eliminar-se os valores discrepantes encontrados, sendo está uma técnica que acaba por eliminar resultados negativos orientando a uma análise mais positiva, porém também acaba por eliminar resultados positivos, limitando o trabalho. A exemplo disso são as estacas as quais mostraram encaixe quase perfeito ao modelo linear, mesmo para solos em que o índice N_{spt} tendia a diminuir, demonstrando que os solos das camadas superiores podem atuar de maneira muito mais presente do que o solo da ponta do trado.

Logo, independente da análise, independente da previsão ou correlação, é possível demonstrar que a manipulação de dados está em posse de fatores externos os quais não aparecem no relatório, estes fatores podendo ativamente alterar a execução da estaca. Sendo está uma boa ou má situação, já que o princípio do método de execução de estacas hélice contínua como estaca de substituição seguindo o exposto por Velloso Lopes (2010), é o de não escavação do solo ou seja não alteração de tenções, pois assim haveria a descaracterização do método, transformando-se em estacas escavadas.

Referências

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 6122 - **Projeto e execução de fundações**, Rio de Janeiro, 2019.

BERBERIAN, D. **Engenharia De Fundações**. 2 ed. rev. e aum. [S. l.: s. n.], 2015.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual De Análise De Dados**: Estatística E Modelagem Multivariada Com Excel, Spss e Sata. Rio De Janeiro: ELSEVIER, 2017.

LÁZARO, A. A.; WOLLE, C. M. **Estacas Hélice Contínua**: Correlações Entre A Monitoração E Características Dos Solos. *In*: Seminário De Fundações Especiais E Geotecnia, V., São Paulo, 2004.

MAGALHÃES, R. de S. **Análise Comparativa Dos Resultados De Ensaios Spt Com Torques De Equipamentos De Fundações Do Tipo Hélice Contínua Monitorada**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia Das Fundações**. 2 ed. rev. e aum. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PINTO, C. de S. **Curso Básico De Mecânica Dos Solos**. 3 ed. aum. São Paulo: Oficina De Textos, 2011.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. R. **Fundações: Critérios de projeto / Investigação do Subsolo / Fundações Superficiais / Fundações Profundas**. São Paulo, OFINA DE TEXTOS, 2010.

FURADEIRA COM INVERSOR DE ROTAÇÃO

POWER DRILL WITH INVERTER

Alex Antunes Thomazini¹

Tomas Magno Bitencourt²

Vanessa Moura de Souza³

Resumo: O processo de furação é uma operação mecânica de usinagem que tem um grande histórico na sociedade, quando esse processo já era cuidadosamente feito à mão com os materiais que o homem criou antes mesmo que a manufatura existisse. Um exemplo de máquina que realiza uma furação é a furadeira, possuindo um motor que aplica rotação à broca, podendo ter diferentes tamanhos e espessuras que realiza um furo milimetricamente preciso. Como objetivo principal, este trabalho apresenta uma reparação e reposição de peça de uma furadeira, mudando sua rotação e torque, rotacionando tanto no sentido horário quanto anti-horário, podendo ser utilizada também como parafusadeira devido a sua multifunção.

Palavras-chave: Usinagem. Furação. Furadeira. Engrenagem. Transmissão.

Abstract

The drilling process is a mechanical machining operation with a great history in society since ancient times where the process was carefully done by hand with materials that man created before manufacture existed. One example of machine that performs drilling is a power drill, which contains a motor that applies rotation to the drill bit, with different possible sizes and diameters which create a millimeter precision hole. As its main objective, this work presents the repair and replacement of a power drill part, altering the rotation and torque, rotating both clockwise and counterclockwise, as well as allowing it to be used as an impact wrench due to its multifunctionality.

Keywords: Machining. Drilling. Power drill. Gear. Transmission.

Introdução

A necessidade de aprimorar e obter mais qualidade nos serviços e produtos sem ter um aumento significativo nos custos de produção foi necessário para realizar novos estudos e pesquisas para poder finalmente desenvolver novas técnicas e ferramentas a fim de alcançar maior eficiência nos processos de usinagem, como equipamentos capazes de realizar furos de diferentes tamanhos, espessuras e em materiais com grande resistência mecânica.

Para a garantia de uma maior precisão na obtenção dos furos, o eixo principal da ferramenta deverá fornecer a menor vibração possível, para evitar a ruptura dos materiais. As ferramentas de usinagem são fabricadas por materiais de maior dureza do que as peças que ela irá usinar, como as furadeiras. Existem diversos tipos de furadeiras desde manuais até as eletropneumáticas e automáticas, em geral elas são compostas por um cabeçote com um eixo-árvore, que põe em rotação uma peça chamada broca, uma haste feita com metal de elevada dureza e resistência, semelhante à um parafuso de Arquimedes. Sua principal função é operar fazendo furos redondos e de dimensões precisas.

Para o funcionamento de uma furadeira, necessita-se de uma transmissão de potência, a rotação e torque de um ponto a outro dentro da máquina, e para isso ela é constituída por elementos de engrenagens cilíndricas retas ou helicoidais, em forma de parafuso sem fim.

¹ Alex Antunes Thomazini, UNIASSELVI, SC, alexanttunes55@hotmail.com.

² Tomas Magno Bitencourt, UNIASSELVI.

³ Vanessa Moura de Souza, UNIASSELVI.

Referencial teórico ou justificativa

O processo de usinagem tem uma longa história, que muitas pessoas desconhecem, foi uma parte fundamental da civilização primitiva, muito antes que a manufatura em massa existisse. Com o passar do tempo, tipos mais específicos de ferramentas de usinagem foram criados para atender a necessidades específicas, como exemplo a furadeira que foi criada por John Wilkinson para criar cilindros furados. As ferramentas de usinagem originais tem a data de 1.200 a.c e foram cuidadosamente feitas à mão. O torno, uma ferramenta de usinagem que ainda é usada hoje, foi originalmente usado no Egito Antigo.

A Evolução da usinagem em uma linha do tempo:

700 a.c. – processamento do ferro

O ferro começou a ser empregado pelos gregos, romanos e os povos nórdicos da Europa, na confecção de plainas, puas, formões e machados, para produzirem utensílios domésticos, casas e embarcações.

Na idade média, surgem as serras circulares, de funcionamento manual à manivela, que logo evoluíram para o acionamento à pedal. Foram consideradas as primeiras "máquinas madeiras".

Séc. XVI – Torneamento ornamental – Jacques Benson.

No Séc. XX - Século da tecnologia.

1900 - Taylor apresenta o aço rápido.

1930 - Vanner Bush inventa o primeiro computador analógico.

1935 - É desenvolvido o metal duro.

1946 - É desenvolvido o primeiro computador eletrônico digital - o ENIAC.

1947 - É desenvolvido o primeiro transistor nos laboratórios Bell.

1950 - Primeira máquina - ferramenta numericamente controlada, MIT.

1960 - Primeiro Laser foi construído por Theodore Maiman, laboratórios de pesquisa Hughes.

1970 - Brian - primeiras pesquisas sobre usinagem de ultraprecisão e as primeiras ferramentas cermetes no Japão.

1980 - Primeiras pesquisas sobre usinagem de alta velocidade.

1990 - Ferramentas cerâmicas, CBN e Diamante.

De acordo com Tesla (2010), o termo usinagem é definido para um conjunto de processos de fabricação onde ocorre a remoção de material da peça bruta. Estes processos podem ser divididos em:

- **Torneamento:** é a combinação de dois movimentos: rotação da peça e movimento de avanço da ferramenta. Em algumas aplicações, a peça pode ser estacionária, com a ferramenta girando ao seu redor para cortá-la, mas basicamente o princípio é o mesmo.
- **Aplainamento:** é um processo mecânico de usinagem realizado com máquinas denominadas de plainas, cuja finalidade é a fabricação de superfícies regradadas, em posição horizontal, vertical ou inclinada. Estas são geradas por um movimento alternativo retilíneo da peça ou da ferramenta. As operações são realizadas com o emprego de ferramentas que têm apenas uma aresta cortante.
- **Fresamento:** é um processo mecânico de usinagem cujo objetivo é a confecção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas, geralmente, multicortantes. Para tanto, é necessário que exista um movimento relativo entre a peça e a ferramenta, de modo a promover a remoção de material e a consequente geração da superfície usinada.

-
- **Furação:** é um processo mecânico de usinagem cujo o objetivo é a confecção de um furo, geralmente cilíndrico, numa peça com o auxílio de ferramenta multi ou monocortante, chamada de broca. Para tanto, a peça ou a ferramenta giram e, simultaneamente, se deslocam em uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina.

Esse processo pode ser dividido em:

- Furação em cheio: é uma operação utilizada para a abertura de um furo cilíndrico numa peça, removendo todo o material correspondente ao volume final do furo. Existem uma ferramenta especial para os casos onde é necessário a confecção de furos de grandes profundidades.
- Furação escalonada: o processo de furação escalonada destina-se aos casos onde é preciso um furo com dois ou mais diâmetros, sendo estes confeccionados simultaneamente.

Brochamento: é um processo mecânico de usinagem destinado à confecção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas multicortantes. A ferramenta ou a peça se desloca em uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo da ferramenta.

O brochamento pode ser classificado em:

- Brochamento Interno: operação executada em furos passantes da peça.
- Brochamento Externo: adotado em superfícies externas da peça.

Retificação: é o processo de usinagem com ferramenta de geometria não definida mais utilizado na indústria e tem como objetivo a confecção de superfícies por meio da ação de uma ferramenta abrasiva de revolução.

Os sistemas de transmissão de potência dedicam-se à transferência de força mecânica, transmitindo e deslocando o torque de um componente para outro. Com essa coordenação, o conjunto mecânico consegue trabalhar de maneira eficiente e otimizada.

Os principais tipos de transmissão das indústrias são: engrenagem, acoplamento, motor-reductor, correia, corrente, cabo de aço, polia, eixo, rolamento, reductor de velocidade.

As engrenagens são elementos mecânicos fundamentais para os processos industriais. Estes componentes, quando bem dimensionados, cumprem suas funções de transmissão de potência e podem ter seu desempenho otimizado. Esta otimização é feita, basicamente, pelo ajuste dos perfis das engrenagens utilizando técnicas de deslocamento ou correção de perfil, propiciando nas mais variadas condições o aumento da capacidade de transmissão e a melhoria das condições de recobrimento e interferência (SILVA, 2015, s. p.).

Uma furadeira possui um sistema de alavanca ou um motor que aplica uma rotação para as brocas, esse motor geralmente é de corrente contínua. “A máquina CC é um conversor de energia eletromecânica que recebe eletricidade na forma de corrente contínua e, posteriormente converte em energia mecânica de rotação.” (GUIMARÃES; ÁDILLER, 2013).

Esse tipo de máquina é basicamente constituída pelas seguintes partes (FITZGERALD *et al.*, 2006):

-
- Armadura ou Rotor: é o elemento rotativo da máquina CC, cujas bobinas são alimentadas por corrente contínua e produzem o campo magnético que irá reagir com o campo magnético do estator, criando torque e movimento.
 - Estator: é o nome atribuído à parte fixa do motor, que pode conter um ou mais enrolamentos por polo, alimentados por corrente contínua e fornecendo campo magnético fixo.
 - Comutador: situado sobre o eixo do rotor, o comutador tem como função inverter o sentido da corrente na armadura, para produzir um torque que a mantenha girando em um sentido constante.
 - Escovas: são responsáveis pelo contato elétrico da parte fixa do motor com a parte rotativa (armadura). Ou seja, a energia fornecida para a armadura por uma fonte de tensão CC externa é levada aos segmentos do comutador através das escovas.

São muitas as vantagens desse tipo de motor, dentre elas temos; o controle de velocidade, possibilidade de acelerar, frear e reverter o sentido da rotação de forma rápida, tem alto valor de torque ou força de arranque e conversores de controle menores.

Metodologia

Utilizando meios como pesquisa em livros, dissertações, sites e vídeos para compreender o funcionamento de máquinas com engrenagens, em específico, uma furadeira, foi possível desmontar para entender detalhadamente o funcionamento da máquina.

A furadeira utilizada tinha originalmente as engrenagens helicoidais, ou seja, os dentes da engrenagem não são paralelos ao eixo da engrenagem, possuindo um formato de hélice, o que possibilita uma operação mais silenciosa pelo fato da transferência de energia ser produzida por impulsos axiais nos eixos deslizantes, mas que por consequência acaba gerando mais calor.

Figura 1 – Engrenagem helicoidal



Fonte: os autores.

Com as informações obtidas a partir da análise visual da furadeira, foi possível identificar que a rotação simples do motor no sentido horário está diretamente ligada aos cabos de energia, que podem ser modificados por uma peça de reversão de rotação do motor, denominada; chave HH, uma chave de seis polos com duas posições que manualmente direcionam o sentido horário e anti-horário que o motor irá realizar na rotação do seu eixo.

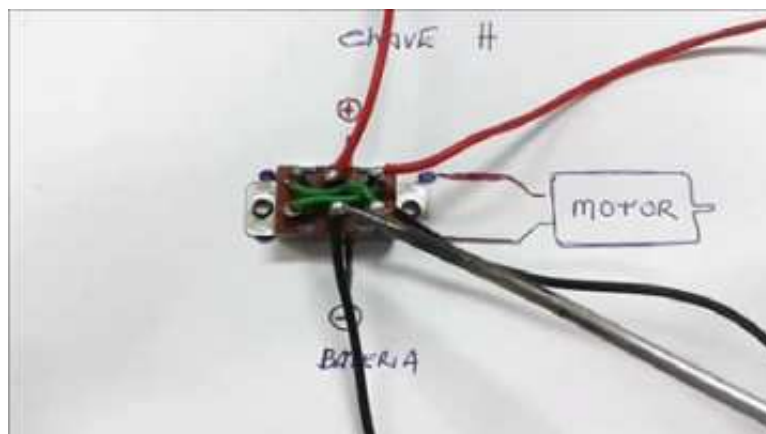
Figura 2 – Chave HH



Fonte: os autores.

Para realizar essa conexão da chave com a furadeira, é necessário primeiramente ligar dois fios cruzados nas extremidades, de acordo com os fios verdes da Figura 3. Os dois polos do meio são diretamente ligados nas escovas de carvão, e os dois polos extremos são diretamente ligados à bobina do motor.

Figura 3 – Ligação do motor com a chave HH



Fonte: os autores.

Após realizar essas etapas, os cabos e a chave já podem ser organizados de forma que fique de fácil acesso e manuseio do equipamento e escolher o sentido da rotação. A furadeira utilizada, testada em tensão de 220v, que antes só realizava o giro no sentido horário para a furação, pode também girar em sentido anti-horário, podendo assim, remover e apertar parafusos.

Outra peça que feita em material de polímero pode ser substituída através da manufatura aditiva da impressão 3d, é o ventilador ou ventoinha do induzido que além de ventilar, remove também os resíduos internos da furadeira deixando o equipamento em um estado adequado de uso. Por ser uma peça que está sempre em contato com a sujeira do material usinado, pode desgastar ou danificar conforme a dureza dos pedaços que entram na hora da operação. Através de aplicativo CAD é possível projetar a ventoinha e realizar sua impressão em material polimérico na impressora 3d.

Figura 4 – Ventoinha em AutoCAD 3d



Fonte: os autores.

Resultados e discussão

De acordo com as pesquisas feitas e o estudo de disciplinas importantes, como elementos de máquinas, foi possível adquirir o conhecimento sobre os assuntos necessários para entender o funcionamento teórico e prático de como funcionam algumas máquinas e equipamentos que possuem sistemas de transmissão de potência, trazendo esse conhecimento na prática ao reparar e aprimorar uma furadeira para que fique mais eficiente e facilite seu uso, tendo como resultado final, uma ferramenta com dupla função, podendo girar no sentido horário e anti-horário, além da possibilidade de desenvolver peças em polímero para substituição através da tecnologia da impressora 3d.

Figura 5 – Furadeira utilizada com ventoinha quebrada



Fonte: os autores.

Esses e outros dados encontrados através das pesquisas e elaboração de um projeto são de extrema importância para o entendimento técnico das grandezas e evoluções tecnológicas que a engenharia proporciona para o ser humano, não sendo somente utilizado em construções e criações feitas por grandes empresas, podendo ser empregada até mesmo em pequenas máquinas e produtos. O uso de motores, engrenagens e outros tipos de transmissão na elaboração de um projeto, demonstram a capacidade e evolução de um aluno de engenharia, que antes não tinha conhecimento de tais elementos e agora pode desfrutar das experiências adquiridas.

Considerações finais

Pela observação dos aspectos analisados, sempre houve a necessidade de criar objetos para furação e usinagem em geral, a importância do estudo da história desses métodos é de grande valor para ter o entendimento necessário de como surgiu e como se encontra nos dias atuais, as máquinas e ferramentas utilizadas para suas devidas funções. Com esses estudos, fa-

cilitou o entendimento da utilização das transmissões de potência para ter uma maior precisão no serviço, assim como a utilização das engrenagens e as suas principais diferenças em funcionamento com um motor elétrico.

De acordo com as explicações e metodologia, a elaboração de uma furadeira com reversor de rotação, é uma ferramenta de alta eficiência e estimula o desenvolvimento da tecnologia para melhorias aplicadas a diversos tipos de máquinas, demonstrando suas vantagens, como um baixo custo às necessidades comerciais e industriais, visando uma ferramenta capaz de substituir outra devido a sua dupla função. Outro fator analisado é a possibilidade de garantir sua manutenção periódica através da limpeza e substituição da ventoinha, quando necessário, através de impressão 3d, devido sua construção ser feita em material polimérico garantindo um baixo custo e menos peso dentro do equipamento.

Referências

DA SILVA, P. **Desenvolvimento de uma metodologia para otimização do projeto de transmissões por engrenagens cilíndricas de perfil evolvente com aplicação de técnicas de correção de perfil**. 2015. Dissertação – Universidade Federal de Minas Gerais, MG. 2015. Disponível em: <<http://bit.ly/40bXDwK>> Acesso em: 03 jun, 21.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C. J.; STEPHEN, D. U. **Máquinas Elétricas: Com introdução à eletrônica de potência**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GUIMARÃES, À. **Algoritmo genérico aplicado no controle de posição do rotor de um motor de corrente contínua com rejeição a distúrbios por ação feedforward**. 2013. (Dissertação). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Rio Grande do Norte. 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3JI4d8M>> Acesso em: 04 jun, 21.

PACHECO, M. **Projeto teórico-experimental de uma furadeira hidráulica**. 2011. (Dissertação). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3lhlzji>> Acesso em: 01 jun, 21.

SATO, A. **Transmissão de potência em corrente contínua e corrente alternada: estudo comparativo**. 2013. (Trabalho de Graduação). Universidade Estadual Paulista: Julio de Mesquita Filho. Guaratinguetá, São Paulo. 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3lcok5A>> Acesso em: 01 jun, 21.

TESLA. **Processos de usinagem**. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3ZRknlC>> Acesso em: 02 jun, 21.