

eSALENG

Revista Eletrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba (São Paulo)

ISSN 2448-1432



**Attribution-NonCommercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0)**

2018 - nº 5

Editorial

Da mesma maneira que na edição anterior, prosseguimos na proposta de procurar ampliar nosso portfólio de categorias de publicações na Revista eSALENG.

Assim sendo, temos neste número o primeiro artigo na Seção “Matéria Especial”, que também pode ser incluído trabalhos do tipo “Resenha Crítica”. Esta modalidade de trabalho visa fomentar temas de notável interesse para a comunidade acadêmico-científica, especialmente porque trata-se de assuntos de importância ou relevância local, regional, nacional e até internacional.

Também é digno salientar, uma vez mais, a importância de trabalhos na forma de artigos, do Curso de Arquitetura. Esta iniciativa é muito interessante, e já havíamos iniciado isto na edição passada. Neste sentido, destacamos que as características estruturais do gênero textual para as publicações de Arquitetura podem apresentar certas peculiaridades que os distinguem em relação a textos das Engenharias, principalmente em itens como “Metodologia”, “Resultados” e “Análise de Resultados”. Isto porque, como o leitor poderá se dar conta, a maneira como a narrativa se desenvolve, apresentando sim aspectos de mesmo valor científico, técnico e epistemológico comparativamente a outras áreas do conhecimento.

Reforçamos uma vez em especial aos docentes, o salutar estímulo no sentido de motivar nesta publicação trabalhos diferenciados em relação à tradicional e notável Revista Universitas, já devidamente consagrada pela comunidade acadêmico-científica e universitária, principalmente no escopo da própria instituição UniSALESIANO.

Portanto, vale a pena descrever, à guisa da conclusão de Editorial, as modalidades de textos para esta publicação:

- Resenha crítica ou matéria especial: textos produzidos geralmente como iniciação ou preparação para trabalhos mais aprofundados. Neste sentido, a Resenha crítica aborda de maneira sucinta e objetiva determinada problemática sem, entretanto, fugir do necessário rigor e apreciação crítica cientificamente e tecnicamente fundamentada em trabalhos congêneres, contudo, de fontes com grande lastro epistemológico, heurístico e metodológico. Em linhas gerais, na Resenha crítica inclui-

se a chamada ‘pesquisa exploratória’ (também conhecida por ‘pesquisa bibliográfica’) contudo, estendendo-se à análise crítica do material estudado.

- Comunicação breve (short paper, short communication, ou issue paper). Da mesma maneira que a Resenha crítica, nesta modalidade também os autores deverão primar pela qualidade do material a ser apresentado. Contudo, num “Short paper”, os autores comunicarão resultados científicos ou técnicos obtidos e que, num determinado momento da pesquisa ou do desenvolvimento de algum protótipo, mockup, ou projeto, consideram pertinentes serem compartilhados com a comunidade científica, principalmente se tais resultados são inéditos já que, neste caso, o texto também é um documento que demonstra a originalidade de autoria do trabalho.
- Nota técnica ou científica: Aqui, de maneira análoga à “Short communication” os autores possuem o objetivo de comunicar determinados procedimentos, metodologias, aplicação de normatizações nacionais ou internacionais, discutir a aplicação ou utilização de equipamentos metrológicos ou de análise laboratorial e que, por força da própria pesquisa ou desenvolvimento tecnológico, carecem de discussão, ou de serem apresentados ou comunicados para seus pares, com distintos objetivos estratégicos.

Sumário

Arquitetura

Revitalização de Praça Municipal, Bilac – SP 5

Cassirley Augusto, Henrique Azevedo, Augusto Pereira, Raquel Monção, Denise Junqueira Matos, Natalia Felix Negreiros

Revitalização de Praça Municipal, Araçatuba – SP 16

Bruno Campanoni, Caroline Cardoso, Juliane Martins, Denise Junqueira Matos, Natalia Felix Negreiros

Engenharia Civil

Estudos das propriedades físicas do lodo de ETA adicionado ao piso de concreto permeável 27

Dhenifer F. F. B. Capobianco, Marcella Aguiari de Moraes, Tainá Corrêa Pardini, Natália Felix Negreiros

Análise comparativa entre pilares metálicos e pilares mistos, verificando o ganho de resistência a compressão axial destes elementos construtivos com base na NBR 8800 46

Edilene Guarnier Paiva, Eduardo Chehoud de Araújo Cintra, Gabriela Nobrega Marques, Jullyara Cristina Kuelhkamp, Marcela Carolina da Rocha, Cleverson Arenhart

Engenharia Elétrica

Efeitos do afundamento de tensão na indústria têxtil 76

Erik Yuri, Fernando Antenori, Guilherme Marques, Matheus Quideroli, Samuel Rodrigues, Giuliano Pierre Estevam

Estudo do Efeito Corona em linhas aéreas de transmissão 94

Bruno Costa dos Santos, Geovanni dos Santos Pereira, Guilherme Francisco Honório, Mateus de Oliveira Honório, Giuliano Pierre Estevam

Energia Heliotérmica 111*Roni Pablo Rodrigues da Cunha, Danilo da Silva Custódio, Giuliano Pierre Estevam***Análise do sistema de aquecimento solar para bancada de alta pressão ativo 123***Edson Kenjsejima, Leony de Souza Botelho, Rafael Rosseto Aguiar, Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares, LeandroOliveira Salviano, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos***Manipulador Robótico de Jogo da Velha 142***Albertino Alves dos Santos, Ana Laura Costa, Andressa Silva de Carvalho, Celso Henrique Scachante, Dieison Teixeira Soares, Gilmar Neves Dos Santos Junior, Edval Rodrigues De Viveiros, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos***Desenvolvimento de equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa 151***Bruno Baccini Cortes, Carlos Henrique Mendes, Igor Raffa, Josuel Ribeiro, Matheus Victorino Sampaio, Matheus Hiroshi Kavano, Theo Soliani, Thiago Craveiro Jácomo, Odilon Caldeira Filho***Desenvolvimento de Liftdáver 167***André Casagrandi, Bruno Pires Caproni da Silva, Celso Félix de Souza Junior, Daniel Yuji Kanezawa, Eliedson Diego Fernandes Negrão, Fabrício Luís Conde, Flávio José Marques, Lucas Figueiredo da Silva Ferreira, Paulo Henrique Silva Leal, Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares, Daniel Lucas Oliveira, Edval Rodrigues de Viveiros***Matéria especial****Ambientalismo, sustentabilidade dentro dos pensamentos de Aziz Ab'Saber e Jean Paul Metzger, diante do novo Código Florestal (12651/2012), com a avaliação e importância do C.A.R. (Cadastro Ambiental Rural) 185***Giuliano Mikael Tonelo Pincerato, Marcio Túlio*

Revitalização de Praça Municipal, Bilac - SP

Revitalization of Municipal Square, Bilac – SP

Cassirley Augusto¹
Henrique Azevedo¹
Augusto Pereira¹
Raquel Monção¹
Denise Junqueira Matos²
Natalia Felix Negreiros³

RESUMO

Há um declínio da utilização da população nos espaços públicos urbanos, seja pela degradação e abandono que estes ficaram então sujeitos, seja pela perda de seu valor social e paisagístico ou pela modificação de suas funções originais. Entretanto têm-se visto uma tendência mundial a revitalização destes espaços, para resgatar antigos valores sociais que os mesmos proporcionavam, implementando novas técnicas sustentáveis, ampliando e incentivando assim o sentido e a importância da interação social incorporada também ao dia-a-dia. O presente artigo visa propor um projeto que tem como objetivo criar um espaço público que além de promover a interação social e cultural entre diferentes indivíduos, resgatasse as belezas gerando nova vida a Praça Oswaldo Martins, incorporando também novas técnicas sustentáveis.

Palavras-Chave: Espaço público, Revitalização de praça, Sustentabilidade

¹Acadêmicos do Curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Uni Salesiano Campus Araçatuba.

⁴Bióloga, Doutoranda em Ciência Animal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho- UNESP de Araçatuba-SP e Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: dejunmatos@hotmail.com

⁵Bióloga, Doutora em Ciências e Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: natalia_felix@yahoo.com.br

ABSTRACT

There is a decline in the use of the population in urban public spaces, either by the degradation and abandonment that these were then subject, either by the loss of your social value and landscape or by modifying their originals. However, there has been a worldwide tendency to revitalize these spaces, to rescue old social values that they provided, implementing new sustainable techniques, thus broadening and encouraging the meaning and importance of social interaction incorporated into everyday life. The present article aims to propose a project whose primordial objective to create a public space that besides promoting social and cultural interaction between different individuals, would recue the beauties, generating a new life in Praça Oswaldo Martins, incorporating also new sustainable techniques.

Key words: Public space, revitalization of the square, sustainability

Introdução

O espaço público sempre foi um lugar de diversas atividades, como encontro, comércio e circulação, mas no decorrer da história houve uma alteração desses usos, conforme a evolução da sociedade. Muitas praças perderam seu valor social e paisagístico, seja pela modificação de suas funções originais, ou pela degradação e abandono que estas ficaram sujeitas. O conceito de “cidade recuperada” ou “paisagem recuperada” vem para resgatar o equilíbrio entre o dia-a-dia da sociedade moderna e sua relação com os espaços públicos, e isto pode ser feito por meio de revitalizações (GUIMARÃES, CUNHA ; 2007).

Nas cidades realmente há a necessidade de áreas livres, desenhadas, tratadas, distribuídas adequadamente, de modo a serem acessíveis à população como um todo, sem distinção quanto ao nível social ou a suas limitações físicas, tornando assim o ambiente um bem comum a todos e de todos (MACEDO;1995).

Estes espaços livres de edificação demandam uma qualificação de usos e conseqüentemente de necessidades físicas para tal uso, tais como, iluminação, acesso, ventilação adequada, formas e volumes adequados, que devem ter especificações tão cuidadosas e bem pensadas, quanto a que se dedica ao interior dos espaços cobertos. A arquitetura é tão importante quanto os espaços edificados,

e a manutenção é um dever social. Mas isto não é um fato consolidado, na maioria das cidades brasileiras (GUIMARÃES;CUNHA – 2007).

Sendo assim, como forma de explorar o potencial dos espaços públicos, muitas praças têm se apropriado de elementos que, além de fornecerem identidade ao local, são fortes incentivadores e promotores do uso mais constante por parte da população. A intenção tem se tornado um recurso aplicado em diferentes contextos e atividades. No desenho projetual, essa interatividade aparece em mobiliários, equipamentos, placas de sinalização e outros com características mutáveis e flexíveis onde o usuário interfere e transforma o lugar de acordo com o seu interesse (GATTI, 2013).

O presente artigo tem como objetivo a revitalização da Praça Oswaldo Martins, situada na cidade de Bilac-SP, para que esta se torne ambiente de convivência entre os moradores, cartão postal do bairro e para criar a conscientização de que este local pertence a todos, gerando assim melhor qualidade de vida.

Material e Métodos

Descrição do local

Foram realizadas visitas na praça situada, onde, constatou-se a precariedade paisagística do local e a necessidade de um cuidado especial para com a mesma, conforme demonstrado nas figuras de 1 a 5.



Figura 1 – Praça Oswaldo Martins, Bilac –SP, 2018

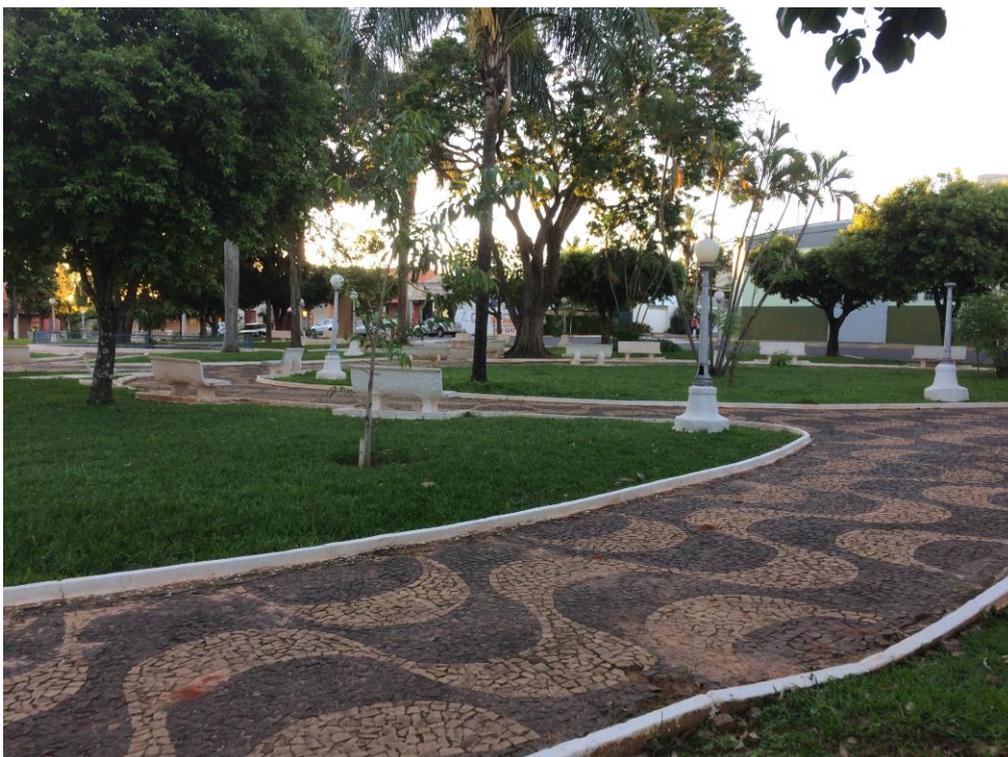


Figura 2 – Pisos soltos ou inexistente em alguns locais da Praça Oswaldo Martins, Bilac –SP, 2018



Figura 3 – Buracos pelo caminho até a prefeitura municipal instalada na Praça Oswaldo Martins, Bilac –SP, 2018.



Figura 4– Chafariz desativado, com acúmulo de folhas secas e água da chuva na Praça Oswaldo Martins, Bilac –SP



Figura 5 – Bebedouro em precária condição de higiene na Praça Oswaldo Martins, Bilac –SP, 2018

Projeto

O projeto de revitalização da Praça Oswaldo Martins, teve como objetivo de transformar um local público em um espaço de lazer, abrigo para o público de um modo geral para usufruir deste ambiente. Com base nos estudos e nas informações adquiridas, inspirou-se no pensamento da arquiteta Thelma Patlajan, em “Urbanização e Lazer” (1978:43), onde ela diz que: “O lazer deveria ser elemento enriquecedor das atividades obrigatórias e, como função básica, teria de oferecer possibilidades para que o homem se integre e utilize da melhor maneira o espaço que o ambiente lhe oferece, ou seja, não precise dele fugir, entrando no espaço das telecomunicações (cinema, televisão, etc.)”

O desenho da Praça manteve a originalidade de sua forma retangular, para que não ocorresse nenhuma intervenção nas malhas urbanas que compõem o seu redor. Seu interior foi constituído através de linhas levemente sinuosas, desenhando as áreas verdes e contornando-as com assentos para os frequentadores, como demonstrado na figura 6.



Figura 6- Projeto da vista da implantação da Praça Oswaldo Martins

A fonte de água, de forma radial, que se encontra no centro da Praça, também foi mantida por ser uma das principais características desse espaço, sofrendo alguns reparos e se enquadrando no processo de revitalização, sendo composta por espelhos d'água e caminhos arborizados que insinuam as pessoas a jornada ao longo da área da praça e observar a mesma, como demonstrado na figura 7.



Figura 7 – Projeto do chafariz e espelho d’água da praça Oswaldo Martins

A opção pelos pisos, nas áreas verdes, foram plantadas gramas formando a forração nos caminhos e nos demais espaços foram colocados pisos drenantes, ambos possibilitam o escoamento da água para o solo, permitindo uma área totalmente permeável, evitando enchentes e outros impactos ambientais.

A arborização foi fortemente implantada no local, com intuito de proporcionar além da função paisagística o conforto térmico, criando sombras ao longo da área, também o conforto acústico por absorverem os ruídos provenientes do trânsito ao redor, e promovendo melhoria na qualidade do ar tanto no local como para a cidade como um todo.

Os espelhos d’água também foram inseridos visando não somente a função estética quanto às funções de melhoria na qualidade do ar e de bem estar dos usuários. Esteticamente, traz a beleza e tranquilidade da água, refletindo o entorno e suas paisagens, e funcionalmente, proporciona a melhoria na umidificação do ar, trazendo a sensação de frescor, causando no usuário relaxamento e tranquilidade, tornando o ambiente agradável e confortável, conforme demonstrado na figura 8.

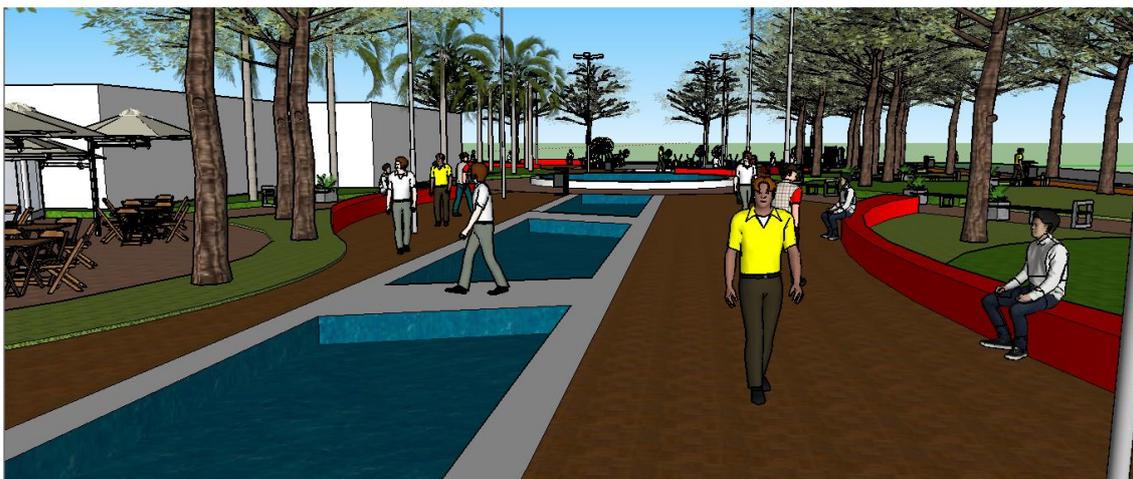


Figura 8- Projeto dos bancos curvos e minimalistas que acompanha o espelho d'água da praça Oswaldo Martins

A academia ao ar livre já existente foi deslocada e revitalizada, instalaram-se diversos equipamentos de ginástica, o que além de incentivar a prática de exercícios para adultos e idosos, se torna um atrativo para esse tipo de público frequente diariamente a praça, o que gera maior fluxo de pessoas no local e uma maior qualidade de vida para os mesmos, conforme demonstrado na figura 9.



Figura 9 - Projeto de reposicionamento e revitalização de academia ao ar livre na Praça Oswaldo Martins

Ao longo dos caminhos da praça, acompanhando as linhas orgânicas que contornam as áreas verdes, foram implantadas muretas que podem ser utilizadas como locais de descanso, onde as pessoas podem se sentar. O que gera maior comodidade ao longo do percurso do passeio e conseqüentemente maior tempo permanência no local, demonstrasse na figura 10 nossa inspiração para o projeto dos bancos. Também foram inseridas lixeiras, ao longo de todo o percurso, a fim de preservar e manter o ambiente sempre higiênico e agradável, além de estimular o aprendizado das crianças sobre cidadania e preservação ambiental.

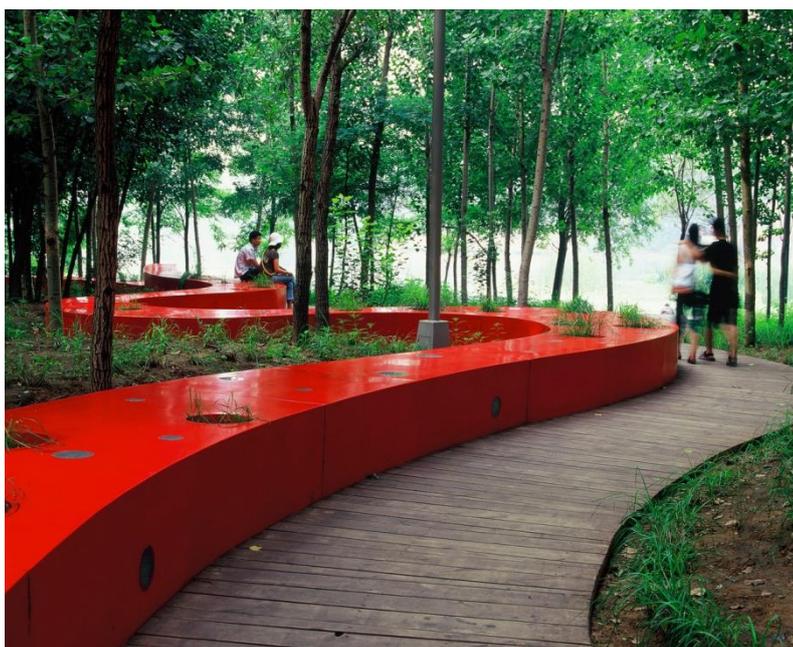


Figura 10 - Inspiração para a projeção do banco da praça Oswaldo Martins, está localizado no Parque Red Ribbon, no rio Tanghe na margem urbana oriental de Qinhuangdao.

Foi inserido um café, com o propósito de criar uma área integrada, onde as pessoas possam se reunir para diversas ocasiões, inclusive para momentos de leitura, desfrutando da disponibilidade da Biblioteca Municipal que se encontra ao redor, tornando-se um chamariz para a utilização da praça, como demonstrado na figura 11.



Figura 11 - Projeto de instalação de um café, que pode servir como área para leitura devido a proximidade com a biblioteca na Praça Oswaldo Martins

Ao redor de toda a praça foi criada uma via exclusiva para bicicletas paralela ao tráfego de carros, que tem como objetivo aumentar a interação social e a qualidade de vida dos adeptos, contribuindo também como atração para a praça, como demonstrado na figura 12.



Figura 12- Projeto de criação de uma ciclovia na praça Oswaldo Martins

Com o projeto acima descrito, objetivamos criar um bom espaço público que promovesse a interação social e cultural, criando estratégias de recuperação, resgatando as belezas e gerando uma nova vida a esse ambiente, atraindo constantemente diversos públicos, proporcionando um contato com a natureza através de áreas verdes, e também atrações para que o ambiente torne-se movimentado tanto de dia quanto à noite, promovendo assim maior segurança, priorizando acima de tudo o resgate ao sentimento de convivência social na cidade, criando um ambiente que fosse acima de tudo acolhedor a todos.

Revitalização de Praça Municipal, Araçatuba – SP

Municipal Square Revitalization, Araçatuba – SP

Bruno Comparoni¹

Caroline Cardoso²

Juliane Martins³

Denise Junqueira Matos⁴

Natalia Felix Negreiros⁵

RESUMO

Praça é um lugar de acontecimentos e práticas sociais, com função de acolher pessoas e proporcionar lazer. Assim, o presente artigo tem por objetivo trazer uma proposta de revitalização de uma Praça Pública que resgate sua funcionalidade, melhorando a qualidade de vida e socialização dos moradores e visitantes do bairro Jardim das Palmeiras, Araçatuba – SP. Foram realizadas visitas ao local e levantamento de sua estrutura para a idealização do projeto de revitalização. O local atualmente é um espaço vazio sem atrativos para seus visitantes, assim esses deixando de frequentá-la. O projeto adotou a implantação de mobiliário urbano e a elaboração de ambientes que oferecessem o bem-estar tanto físico, com os equipamentos de exercícios físicos, o playground infantil, a pista de skate, mini quadra poliesportiva, bebedouros, como o mental, sendo o ambiente de jogos de tabuleiro, a arborização e jardinagem, bancos para descanso, a proteção do perímetro da praça para a segurança.

Palavras- Chave: Revitalização, Praça, Bem-Estar, Sustentabilidade, Inclusão

ABSTRACT

Plaza is a place of events and social practices, with the function of welcoming people and providing leisure. Thus, this article aims to bring a proposal to revitalize a Public Square that will restore its functionality, improving the quality of life and socialization of residents and visitors of Jardim das Palmeiras, Araçatuba - SP. Visits to the site and survey of its structure were carried out to idealize the revitalization project. The place is currently an empty space unattractive to its visitors, so these fail to frequent it. The project adopted the implantation of urban furniture and the elaboration of environments that offered the well-being both physical, with the equipment of physical exercises, the children's playground, skating rink, mini sports court, drinking fountains, like the mental, being the environment of board games, afforestation and gardening, benches for rest, protection of the perimeter of the square for safety.

Key words: Revitalization, Plaza, Wellness, Sustainability, Inclusion

¹Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Uni Salesiano Campus Araçatuba. Email: brucamparoni@hotmail.com

²Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Uni Salesiano Campus Araçatuba. Email: carolinecardoso@hotmail.com

³Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Uni Salesiano Campus Araçatuba. Email: julianemartins.designer@hotmail.com

⁴Bióloga, Doutoranda em Ciência Animal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho- UNESP de Araçatuba-SP e Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: dejunmatos@hotmail.com

⁵Bióloga, Doutora em Ciências e Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: natalia_felix@yahoo.com.br

Introdução

De forma abrangente, praça é todo local público urbano vazio de edificações e que proporcione a convivência e ou lazer aos seus usuários (SCALISE, 2010).

Defensor da arte nas praças, Sitte descreve praça como “ um lugar pensado para encontros e permanência, acontecimentos, práticas sociais, manifestações da vida urbana e comunitária e, conseqüentemente, de funções estruturantes e arquiteturas significativas (LAMAS apud DE ANGELIS, 2005, p.2)”.

No Brasil, praça é uma herança da colonização portuguesa. Espaços de convívio coletivo são popularmente associados às ideias de verde e de ajardinamento urbano. A típica praça na cidade brasileira se caracteriza por ser bastante ocupada por vegetação e arborização. Quando ela recebe uma maior importância ou é resultado de um projeto, costuma possuir equipamentos e elementos recreativos e contemplativos (CARLI, 2008).

Revitalização, segundo o dicionário Aurélio significa “Conjunto de medidas que visam criar novo grau de eficiência para um conjunto urbanístico de uma região”. A ideia de renovação visa a rejuvenescimento das áreas urbanas abandonadas por meio de demolições e adaptações para convertê-las em instalações modernas (DE OLIVEIRA, 2014).

As praças deveriam estar localizadas nos melhores lugares, já que seriam os espaços mais usados pelos habitantes; e considerando-a uma área urbana, a maneira mais econômica e rápida de melhorar o clima ambiental bem como atrair as pessoas por meio da vegetação (LENGEN, 2009). “Os parques são definitivamente ratificados como pólos de lazer urbano, e as praças, agora espalhadas por todos os bairros, são elementos necessários para a vida na cidade, tornando-se objeto de interesse político (ROBBA e MACEDO, 2002, p. 37).

Em relação a palavra “revitalização”, está provém de “preservação”, do latim praeservar, a qual compreende a defesa, proteção e amparo de bens culturais (DELPHIM, 1999).

Já na Carta de Nairobi (1976), a preservação tem como intuito a identificação, proteção, conservação, restauração, renovação, manutenção e revitalização, ou seja, qualquer ato necessário para assegurar a permanência de existência de bens culturais.

Assim, atividades de revitalização e de administração têm como finalidade reparar o problema de degradação na sociedade atual, que é uma consequência derivada do processo de globalização (CORRÊA, 1981).

O objetivo do projeto foi trazer uma proposta de revitalização a referida Praça Pública que resgate sua tranquilidade, utilidade e funcionalidade, melhorando a qualidade de vida dos

moradores e, novamente, torná-la um local de lazer adicionando cores, entretenimento e promovendo a sustentabilidade e socialização dos moradores e visitantes.

Metodologia

Contextualização do local

A Praça Municipal Joaquim Lima foi fundada em 1989 e é localizada no bairro Jardim das Palmeiras, Araçatuba – SP (-21.1998107,-50.4666658,175m) entre as ruas Canjiro Takebe, José Caetano Ruas e João Laluce; ao lado da Unidade Básica de Saúde. Somente em 04 de março de 1992, por meio do Decreto Legislativo nº 016, recebeu a denominação de “Praça Joaquim Lima”. Antes da criação da referida praça, a área era destinada a pastagem de animais.

No decorrer dos anos, com o descaso das autoridades locais, o espaço de lazer e descontração tornou-se um local de abandono, mau estado de conservação e limpeza, com luminárias quebradas, calçadas esburacadas, jardim mal cuidado, árvores tombadas, brinquedos do parquinho sem manutenção, apresentando riscos de acidentes às poucas crianças que ainda frequentam o local.

Por meio de visitas ao local, observou-se que a praça está abandonada. A má iluminação e a frequência de usuário de drogas, no local, também foram problemas visualizados.

Projeto

A Imagem 1 é referente a localização da Praça Joaquim Lima – Araçatuba -SP em relação as vias de acesso em seu entorno. E a Imagem 2 se trata de sua implantação em relação ao bairro Jardim das Palmeiras.

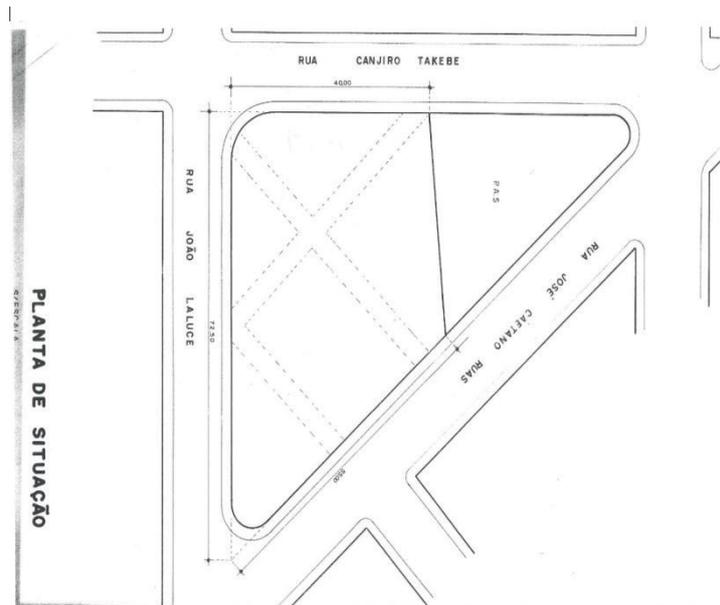


Imagem 1 – Planta de Situação da Praça Joaquim Lima – Araçatuba – SP



Imagem 2 – Planta do loteamento “Jardim das Palmeiras” de Araçatuba- SP

Dado sua localização e o seu entorno e considerando um aspecto econômico- financeiro, o projeto priorizou a necessidade de adotar um programa que pudesse integrar todos os usuários do espaço se utilizando de técnicas e materiais de baixo custo, pouca manutenção, grande durabilidade e com colaboração ecológica.

A Imagem 3 é um croqui da atual situação da referida praça feito pelos integrantes do projeto e a Imagem 4 é um vista superior da praça após a realização do projeto em 3D.

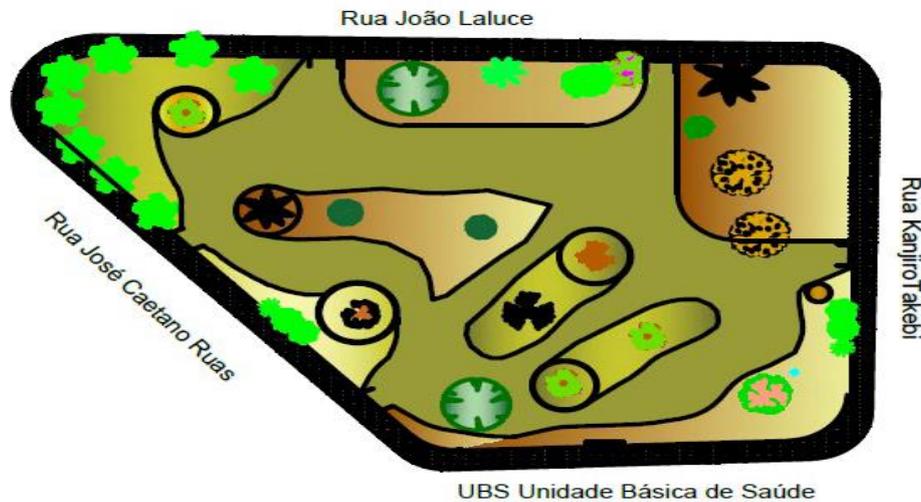


Imagem 3 – Croqui esquemático da Praça Joaquim Lima em agosto de 2018.

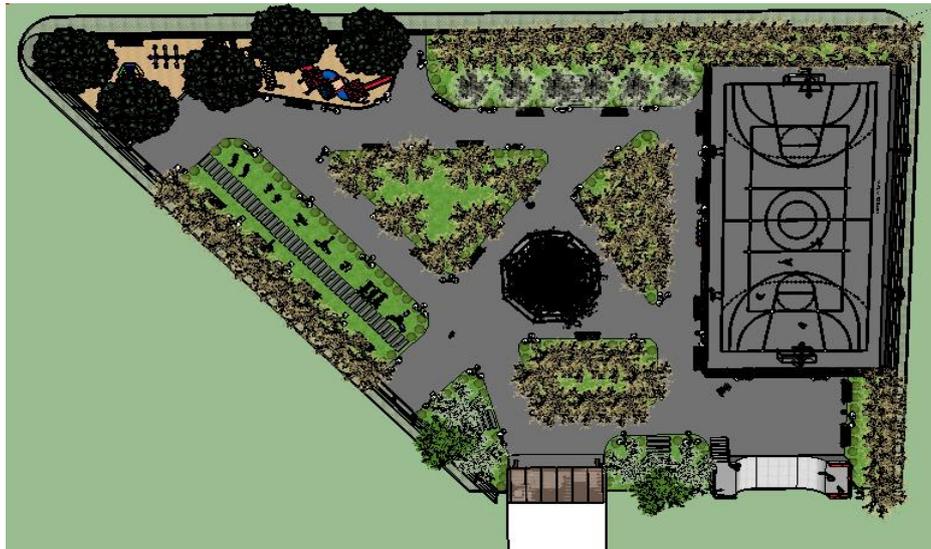


Imagem 4 – Vista superior da praça após a realização do projeto em 3D.

Entre diversas alternativas, optou-se pela utilização de pisograma no calçamento do local e placas de concreto drenante para pavimentar as áreas de circulação interna, conforme ilustrado na imagem 5, pois essas opções colaboram para a permeabilidade da chuva, são encontrados com facilidades no mercado e são de simples instalação.

O entorno da praça teve seu alambrado refeito com fechamento em grade de aço inoxidável com malha losangular e espaçamento de 8 centímetros para melhor circulação do ar e menor poluição visual.



Imagem 5 : Pisograma e alambrado com grade losangular

Pensando na inclusão social e acessibilidade, foram inseridos pisos táteis em todo o perímetro e possíveis percursos dentro da praça para minimizar qualquer dificuldade de um portador de necessidades especiais pode ter em usufruir do espaço de forma autônoma. Também foi adicionado algumas inscrições em braile nos bancos, como indicação da saída mais próxima e bebedouro. Bebedouro esse que também possui características de acessibilidade, com altura ideal tanto para cadeirantes quanto para pessoas comuns, dentro das normas estabelecidas pela ABNT.

Ainda sobre a integração social, e lembrando o período tecnológico que vivemos, a utilização de internet também está compreendida como integração social, logo, é cabível a inserção de um sistema WIFI de internet pública via rádio, , disponibilizado pelo governo municipal, para os frequentadores do local, para que os que não possuem condições financeira de ter o sistema em suas residências possam usufruir e participar dessa parte da realidade de sociedade atual.

Para toda a iluminação interna, os postos normais de rede elétrica foram substituídos por postes solares fotovoltaicos por serem mais econômicos e mais ecológicos. Este tipo de iluminação dispensa conduítes, cabos, fios, transformadores e aparelhagem elétrica, além de proporcionar uma economia considerável aos cofres públicos. Quanto aos custos da instalação dos novos postes, serão recuperados curto prazo com a utilização da nova tecnologia. Tais

postes tem altura de 2 metros para que sua luz seja emitida abaixo das copas das árvores, iluminando o passeio dos desfrutadores da praça.

Para este projeto as cores escolhidas foram: verde-limão, azul e vermelho, pois cada uma delas transmite uma ideia que havia necessidade de inserção do ambiente. Elas estão presentes nos equipamentos de ginástica e playground, conforme a imagem 6. A cor verde-limão cria uma sintonia com a energia da juventude, alegria e bom humor. O azul simboliza serenidade, harmonia e tranquilidade e estimula a criatividade. A cor vermelha estimula o sistema nervoso, a circulação sanguínea, dá energia ao corpo e eleva a autoestima.



Imagem 6: Equipamentos de ginástica e playground

No projeto um bebedouro para cães e gatos foi incluído para incentivar o passeio dos moradores da região com pets e também saciar a sede de animais abandonados que possam estar de passagem pelo lugar. O equipamento é uma espécie de cuba de pia em inox com uma válvula que permite enchê-la por meio de um registro que é acionado manualmente.

No local foram instaladas grandes lixeiras de coleta seletiva de lixo reciclável distribuídas por todo o espaço conforme a imagem 7. A colocação dessas tem como objetivo conscientizar os frequentadores da praça sobre a importância da separação do lixo e a proteção do meio-ambiente e facilitar a manutenção do espaço.



Imagem 7: Playground e lixeiras de coleta seletiva

Visando a melhoria da qualidade de vida, foram elaborados espaços para serem utilizados por frequentadores de diferentes faixas etárias. Locado no centro da praça, sob um amplo caramanchão que madeira de demolição envernizada, foi projetado uma área de socialização com mesas e bancos em concreto polido conforme a imagem 8, um ambiente para jogos de tabuleiros, que foram pintados nos tampos das mesas. Os materiais empregados para o espaço foram escolhida visando sua durabilidade e baixa carga de agressão ao meio ambiente.



Imagem 8: Caramanchão e mesas de jogos

Há um espaço ao ar livre com aparelhos de ginástica e alongamento oferece à população uma opção acessível e gratuita de atividade física.



Imagem 9: Equipamentos de ginástica e alongamento ao ar livre

Também foi desenvolvido um espaço exclusivo para as crianças, acomodando um playground equipado com diversos brinquedos e com uma amarelinha.

Planejado especialmente para o entretenimento de jovens e adolescentes, foi implantada uma pista de skate em forma de U, ilustrada na imagem 10, e mini quadra de esportes em concreto, conforme a imagem 11.



Imagem 10: Pista de skate em forma de U e em concreto



Imagem 11: Mini quadra de esportes em concreto

Todos esses espaços têm como objetivo estimular a prática de atividades físicas, consequentemente diminuição do sedentarismo e maior socialização.

Quanto a arborização, o projeto incluiu a extração de algumas árvores, a preservação de outras e o plantio de mais árvores de grande porte, tornando o local mais agradável e convidativo, posto que as árvores aproximam a natureza da população, servem de abrigo para os animais, trazem a sensação de bem-estar, servem de sombra, diminuem a poluição sonora, purificam o ar, revitalizam a área urbana. Entre as espécies de árvores escolhidas estão ipê amarelo, quaresmeira, manacá da serra, mangueira, pitangueira, amoreira. Tais foram definidas por suas características de adaptação ao clima quente e seco da região e sua formação de grandes copas, fornecendo bom sombreamento a praça.

A forração do solo foi feita por meio da grama esmeralda, uma vez que esta tem boa resistência, baixa necessidade de irrigação, fertilização e manutenção; além de ótima relação custo/benefício.

Todos os caminhos e percursos que podem serem feitos dentro do espaço da praça possui bancos para o descanso dos frequentadores e contemplação do ambiente. Os bancos são de madeira envernizada, como demonstrada na imagem 12, para maior durabilidade e fundidos ao solo para a garantia de sua permanência no local e segurança dos visitantes.

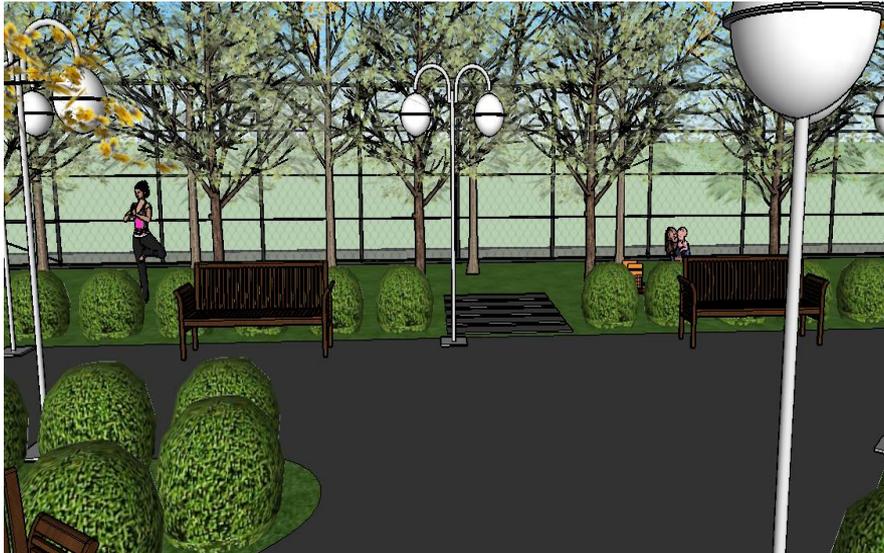


Imagem 12: Vegetação e bancos de madeira envernizados.

Referências Bibliográficas

DE OLIVEIRA, ANA CARINA PINTO. Regeneração Urbana – Nova Maneira de Pensar e Fazer Cidade, 2014. Retirado run.unl.pt/bitstream . Acessado em 23 de Novembro de 2018.

LENGEN, JOHAN VAN. Manual do Arquiteto Descalço. São Paulo: Empório do Livro, 2009.

MACEDO, S. S.; ROBBA, F. Praças brasileiras. São Paulo: Edusp, 2002.

DE ANGELIS, B. L. D; DE ANGELIS NETO, G.; BARROS, G. D. A.; BARROS, R. D. A. Praças: história, usos e funções. Maringá: EDUEM, 2005.

DE CARLI, ROBERTO LUIZ. A Revitalização Urbana Em Um Pequeno Município: O Caso Da Praça Das Palmeiras Em Santa Izabel Doeste, Paraná, 2008. Retirado fundamentosarqeurb.files.wordpress.com Acessado em 26 de Agosto de 2018.

SCALISE, WALNYCE. Paisagismo Urbano, 2010. Retirado passeidireto.com. Acessado em 19 de Setembro de 2018.

DELPHIM, C.F.M. Manual de Intervenção em Jardins Históricos. São Paulo: EDUSP, 1999.

CORRÊA, ROBERTO LOBATO. O Espaço Urbano. São Paulo: Ática, 1981.

Recomendação de Nairóbi. Unesco, 1976. Retirado <http://portal.iphan.gov.br> . Acessado 23 de Novembro de 2018.

Estudos das propriedades físicas do lodo de ETA adicionado ao piso de concreto permeável

Studies of the physical properties of WTS sludge added to the permeable concrete floor

Dhenifer F. F. B. Capobianco¹

Marcella Aguiari de Morais²

Tainá Corrêa Pardini³

Natália Felix Negreiros⁴

RESUMO

No tratamento de água, o lodo gerado pelas estações de tratamento (ETA's), em sua maioria, é lançado em cursos d'água, agravando danos ambientais, como o assoreamento, aumento na quantidade de sólidos e alta concentração de metais na água. Inicialmente o lodo extraído dos tanques da Estação de Tratamento de Água (ETA) foi seco em estufa e triturado, em seguida foi utilizado na fabricação de pisos permeáveis de concreto, destinados para fins sustentáveis. Foi feito um comparativo com a classificação de permeabilidade em que o piso fabricado sem lodo apresentou grau de permeabilidade alto e com o lodo, grau de permeabilidade médio. Quanto a resistência à compressão, tanto um quanto o outro não apresentou o mínimo de resistência prescrito na NBR Norma Brasileira Regulamentadora 16416 (2013) de 20 MPa, para passagem de pedestre.

Palavras-chave: Concreto permeável, estação de tratamento de água, estrutura de concreto pré-moldado, saneamento básico.

ABSTRACT

In the treatment of water, the sludge generated by the treatment stations (WTSs), for the most part, is released into watercourses, aggravating environmental damages, such as silting, increase in the number of solids and high concentration of metals in the water. Initially the sludge extracted from the tanks of the Water Treatment Station (WTS) was oven dried and crushed, then used in the manufacture of permeable concrete floors, intended to reduce environmental problems caused by waterproofing areas and the disposal of this kind of waste in places such as rivers and landfills. A comparison was made with the permeability classification in which floor, the one made without sludge presented high permeability degree and the one with the sludge, medium degree of permeability. As for the compressive strength, both the one and the other did not present the minimum resistance prescribed in NBR 16416 (2013) of 20 MPa, for pedestrian crossing.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP. 4
Profª Dra Ciências- UFSCar- Universidade Federal de São Carlos.

Key words: Permeable concrete, water treatment station, precast concrete structure, basic sanitation.

Introdução

O aumento na demanda de água potável tem resultado no acréscimo na quantidade de resíduos produzidos nas Estações de Tratamento de Água (ETA), e a busca por métodos e processos de manuseio e disposição deste resíduo vêm se tornando um novo desafio (AHMAD; AHMAD; ALAM, 2016).

No Brasil, segundo Cordeiro (1999) a grande maioria da ETA's são do tipo convencional, com geração de lodo nas etapas de decantação e de filtração, o qual é constituído de água, sólidos suspensos e parcela de produtos químicos adicionados aos reagentes para a coagulação (Figura 01). De maneira geral, este subproduto é disposto em cursos hídricos próximos, o que pode alterar as características do corpo hídrico receptor.

Para a obtenção de água tratada, com nível de potabilidade aceitável, é necessário tratamento adequado, sendo os processos mais empregados nas ETA's a coagulação, floculação, decantação, filtração, correção do pH, desinfecção e fluoretação. A geração de resíduos ocorre nos processos de decantação, lavagem dos filtros e lavagem dos tanques onde são preparadas as soluções, estes resíduos possuem em sua constituição matéria orgânica e inorgânica, microrganismos, produtos químicos, partículas de solo e, portanto, necessita de tratamento antes de ser distribuído para consumo “[...] São utilizados diversos processos de tratamento que, mediante a introdução de produtos químicos como os coagulantes, transformam a água bruta, normalmente inadequada nas condições naturais, em água potável. O tratamento adéqua a qualidade da água aos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011.” (PAIVA, MOREIRA, SOARES, 2016).

De acordo com a NBR (Norma Brasileira Regulamentadora) 10004 (2004) - Classificação de Resíduos Sólidos, o subproduto gerado nas ETA's é classificado como resíduo sólido e semissólido, com destinação obrigatória final adequada em aterros sanitários, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12305/2010.



Figura 01: Produção de lodo no processo de floculação

Como a destinação final do lodo gerado deve ocorrer em aterros sanitários, aterros exclusivos, disposição em áreas de reflorestamento e áreas agrícolas e utilização no controle de sulfetos em sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgotos, há uma preocupação na presença de alumínio, ferro, matérias orgânicas e sólidas que em sua composição e no aumento do volume de chorume gerado de sua degradação (SOUZA, FADINI, PEREIRA-FILHO, 2009).

Dessa forma, surge a necessidade em dispor tal resíduo corretamente, processo no qual se contribui de maneira positiva em minimizar os impactos adversos ao meio ambiente e saúde pública, atendendo às diretrizes, critérios e procedimentos estabelecidos na PNRS, Lei nº 12305 de 2010. Assim, tem-se buscado novas tecnologias de tratamento do lodo, para que se possa dispor de tal resíduo de maneira a minimizar os impactos ambientais.

As alternativas mais empregadas para a disposição final de lodos de ETAs variam em função do conteúdo de sólidos nestes lodos (RICHTER, 2001), conforme dados apresentados na Tabela 01.

Tabela 01: Alternativas para a disposição final de lodos de ETAs

Destinação Final	Sólidos %
Lançamento em cursos d'água, redes de esgoto, mar e lagoas	<8
Aplicação no solo	1 a 15
Aterro sanitário	15 a 25

Fonte: Modificado de RICHTER, 2001

Uma das atividades que mais impactam o meio ambiente, é a construção civil. Essa atividade consome cerca de 50% de todos os recursos naturais, gera volume elevado de resíduos; cerca de 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente nas cidades tem origem neste setor. Assim, agregados naturais e areias começam a ficar escassos principalmente em grandes centros aumentando as despesas com transporte e os impactos ambientais daí resultantes.

O reaproveitamento do lodo na construção civil apresenta como alternativa, principalmente quando utilizado na incorporação de nos componentes da fabricação do concreto (TAFAREL et al., 2016).

O concreto permeável comum é uma variação do concreto de cimento Portland que é composto por alto índice de vazios, confeccionado com pouco ou nenhum agregado miúdo, permitindo assim a infiltração da água através dos seus componentes. O Concreto permeável ou poroso pode ser produzido moldado *in loco* ou com peças pré-moldadas (Figura 02).

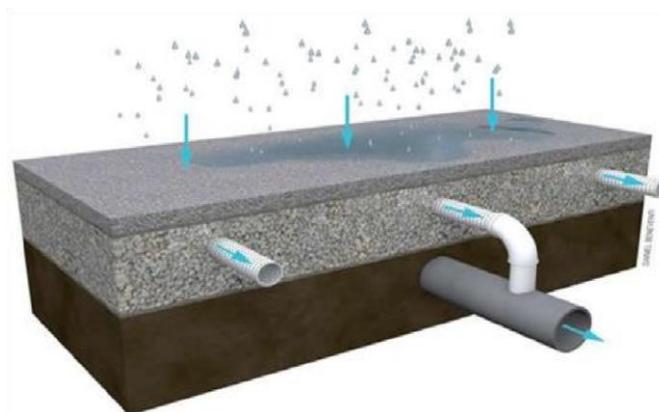


Figura 02: Concreto Permeável

Fonte: Google, Infraestrutura Urbana Pini, 2017

Estudo recente relata que a medida que o lodo da ETA foi incorporado no concreto, a absorção de água total aumentou gradativamente. Provavelmente pela reação expansiva gerada pelo ataque de sulfatos, ocasionando microfissuras, ou ainda, a solubilização do material orgânico e outros compostos que em contato com

a água poderiam ter sido carreados das amostras, formando vazios dentro dos poros que posteriormente seriam preenchidos por água durante o ensaio de absorção de água (TAFAREL et al. 2016).

Materiais e Métodos

Este trabalho consiste em demonstrar a NM Norma Mercosul 248 (2003), aplicando-a nos agregados utilizados no piso, NBR 16416 (2015), apresentando sua aplicabilidade em pisos de concreto permeável com espessura mínima sugerida pela norma e após a adição do resíduo gerado em Estações de Tratamento de Água (ETA) e NBR 9781 (2013) cumprindo suas especificações para métodos de ensaio.

Extração, secagem e trituração do resíduo de ETA

O resíduo gerado na parte de floculação na ETA II em Araçatuba – SP, pelo processo de aeração, nada mais é do que a adição de oxigênio aos tanques fazendo com que os resíduos na água formem aglomerados e se depositem na superfície do tanque.

Dessa forma, com o auxílio de baldes, recolheu-se uma quantidade significativa desse resíduo, que posteriormente foram para o Laboratório de Engenharia do UniSALESIANO – Araçatuba, levados em estufa para secagem a 100°C, para a retirada total da umidade (Figura 03). Houve uma redução significativa no volume final do material.



Figura 03: Resíduo de ETA após a secagem em estufa

Após a secagem, o resíduo foi triturado em um moinho tipo martelo da marca Tecnal, modelo te-330 (Figura 04).



Figura 04: Moinho tipo martelo

Posterior ao processo de trituração, a característica do resíduo se assemelha a um pó, (Figura 05), armazenado para o ensaio granulométrico e para a fabricação dos pisos.



Figura 05: Resíduo de ETA após triturado

Granulometria do resíduo de ETA

Para o ensaio granulométrico foi utilizada a NM 248 (2003), onde o lodo e o agregado graúdo foram secos em estufa de 105°C a 110°C por 24 horas, deixando estabilizar em temperatura ambiente. Em seguida foi pesada uma amostra (M1_{lodo}) de 1000 gramas de lodo e uma amostra (M1_{pedra}) de 5000 gramas para o agregado graúdo. O mesmo foi realizado para uma amostra M2.

As peneiras foram encaixadas, previamente limpas (Figura 06), em ordem crescente da base para o topo de modo a formar um único conjunto de peneiras no agitador mecânico (Figura 07), adicionando-se uma amostra por vez sobre a peneira superior do conjunto promovendo a agitação mecânica por 10 minutos (Figura 08).

Foram citadas na NBR 7181 (2016), as seguintes séries de peneiras: 50, 38, 25, 19, 9,5, 4,8, 2,0, 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15, e 0,075 mm, de acordo com a NBR NM ISSO 3310-2 (2010). As peneiras utilizadas para o ensaio foram, conforme medidas da ABNT/ASTM: 16, 20, 30, 40, 50.

Foi necessário destacar e agitar manualmente sobre uma bandeja por um minuto a peneira superior, pois a massa do material passante deve ser inferior a 1% do material retido. O material retido foi removido para uma bandeja identificada para que a peneira fosse limpa, o material removido pelo lado interno da mesma foi depositado juntamente com o material retido e o removido pelo lado inferior como passante. O mesmo procedimento foi repetido para todas as peneiras.

Posteriormente foi determinada a massa total retida em cada peneira e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% da massa seca da amostra inicial utilizada no conjunto.

O mesmo foi feito com a amostra M2, como citado a cima. Os resultados foram anotados para a confecção da curva granulométrica dos materiais.



Figura 06: Conjunto de peneiras



Figura 07: Agitador em funcionamento durante o ensaio

Fabricação, moldagem e cura dos pisos

Para a fabricação do pavimento de concreto permeável foi utilizado um traço 1:4:0,4 em massa, de cimento marca Nacional ARI (alta resistência inicial), agregado graúdo, que neste caso foi brita 1 e água, sucessivamente, como utilizado

para comercialização deste material na cidade de Birigui- SP. Significa que para cada 1 kg de cimento será utilizado 3 kg de brita 1 e 0,4 kg de água.

As formas utilizadas são para pisos intertravados de material plástico comercializada pela empresa PEC FORMAS e possuem dimensões de 10cm X 20cm X 6cm e também placas pré-moldadas com dimensões de 35cm X 35cm X 6cm para o ensaio de permeabilidade.

Para a aplicação do concreto na forma, foi necessária a aplicação de um desmoldante, para que facilitasse a retirada dos pisos. Após a moldagem (Figura 8), deixou-se a forma em nível (Figura 9), para a secagem do material por 48 horas, quantidade recomendada para a retirada do piso da forma e 28 dias submersos em tanque com água para que atingisse a resistência máxima para os ensaios posteriores. Em média, cada bloco de concreto intertravado consumiu 535 gramas de cimento, 1600 gramas de brita 1e 214 gramas de água. Foram confeccionados dez pisos com dimensões de 35cm X 35cm X 6cm com adição de lodo e dez sem adição, totalizando vinte pisos de concreto permeável desta dimensão. A mesma quantidade foi feita de pisos intertravados drenante, com medidas 10cm X 20cm X 6cm.



Figura 08: Enchimento das formas



Figura 09: Formas em nível para secagem dos pisos

Ensaio de coeficiente de permeabilidade

Segundo a NBR 16416 (2015), para a determinação do coeficiente de permeabilidade foi necessário um cone cilíndrico, que neste caso foi de ferro, pois deve ser feito por um material que não sofra deformações com a pressão da água, com dimensões previstas pela norma de 300 ± 10 mm de diâmetro e altura mínima de 50 mm, limpeza das placas de 350mmX350mmX60mm. As placas passaram por um processo de pré-molhagem necessária para a execução do ensaio, onde foi determinado a quantidade de água segundo a Tabela 02 retirada da NBR 16416 (2015).

Tabela 02: Quantidade de água para ensaio do coeficiente de permeabilidade

Tempo de pré-molhagem (s)	Massa de água para o ensaio (kg)
≤ 30	$18 \pm 0,05$
> 30	$3,60 \pm 0,05$

Fonte: NBR 16416 (2015)

Após a pré-molhagem, esperaram-se dois minutos para a execução do ensaio. No tubo de ferro, na parte interna, fez-se duas marcações a caneta, a 10mm e 15mm em relação a face inferior do círculo e com o auxílio da massa de calafetar da marca Pulvitec (Figura 10), comprada em loja de materiais para construção comum, uniu-se a tubulação com a placa de concreto permeável (Figura 11).



Figura 10: Massa de calafetar utilizada no ensaio



Figura 11: Tubulação unida com a placa de concreto permeável para recebimento de água

Com o auxílio de um recipiente, com capacidade de aproximadamente 20 litros, despejou-se (Figura 14), com velocidade suficiente para manter o nível da água entre as duas marcações, 18 litros de água, e cronometrou-se, com um cronômetro de resolução 0,1 segundos, do momento em que a água tocou a superfície da placa até que não houvesse mais água sobre a mesma.

Cálculo para o coeficiente de permeabilidade (k) usando a seguinte equação:

$$\frac{C^2 \times mt}{d} = k$$

- k***: coeficiente de permeabilidade expresso em milímetros por hora (mm/h);
m: massa de água infiltrada expressa em quilogramas (kg);
d: diâmetro interno do cilindro de infiltração expresso em milímetros (mm);
t: tempo necessário para toda a água percolar expresso em segundos (s);
C: fator de conversão de unidade do sistema SI, com valor igual a 4 583 666 000.

Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de compressão foi feito seguindo as recomendações da NBR 9781 (2013), foram feitos ensaios nos pisos Intertravados de concreto permeável de dimensões 10X20X6 cm, utilizando-se de uma prensa hidráulica de compressão classe 2.

Foram usadas duas placas auxiliares, retangulares de dimensões semelhante as do piso em largura e altura e 1,2 cm de espessura, confeccionadas em aço, que foram acopladas nos eixos superior e inferior da máquina, assim foi colocado o piso entre os pratos de compressão, aplicando-se força ao piso perpendicularmente.

As peças representativas do lote amostrado estavam nas seguintes condições, no momento do ensaio: saturadas em água a $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, 24 h antes do ensaio, com as superfícies de carregamento estavam retificadas, estavam dispostas sobre as placas auxiliares de ensaio, com sua face superior em contato com a placa auxiliar superior, de modo que o eixo vertical passa-se pelo seu centro coincidindo com seu eixo vertical passante pelo centro das placas.

Para a determinação do resultado da resistência à compressão obtida, foi dividido o valor da carga de ruptura, expressa em newtons (N), pela área de carregamento, expressa em milímetros quadrados (mm^2), multiplicando-se o resultado pelo fator p previsto na NBR 9781 (2013), função da altura da peça, conforme a Tabela 03.

Tabela 03: Fator multiplicativo p

Espessura nominal da peça (mm)	p
60	0,95
80	1,00
100	1,05

Fonte: NBR 9781 (2013)

Resultados

Ensaio granulométrico

A partir do ensaio realizado obteve-se a massa das peneiras e a massa do lodo mais a peneira, permitindo os cálculos presentes na tabela 04, desta forma foi possível determinar as dimensões das partículas do lodo, traçando um gráfico no Excel (figura 12) traçado por pontos logarítmicos, onde o eixo X corresponde as peneiras utilizadas e o eixo Y a porcentagem (%) do material passado para a verificação da curva.

Tabela 04: Resultado do ensaio de granulometria do lodo de ETA

Peneira (mm)	Massa retida (g)	Massa retida acum. (g)	Massa passada (g)	% passada
Fundo	159.7			
0.297	142.2	142.2	357.9	71.56
0.420	124.1	266.3	233.8	46.76
0.600	40.9	307.2	192.9	38.57
0.850	25.9	333.1	167.0	33.39
1.180	7.3	340.4	159.7	31.93

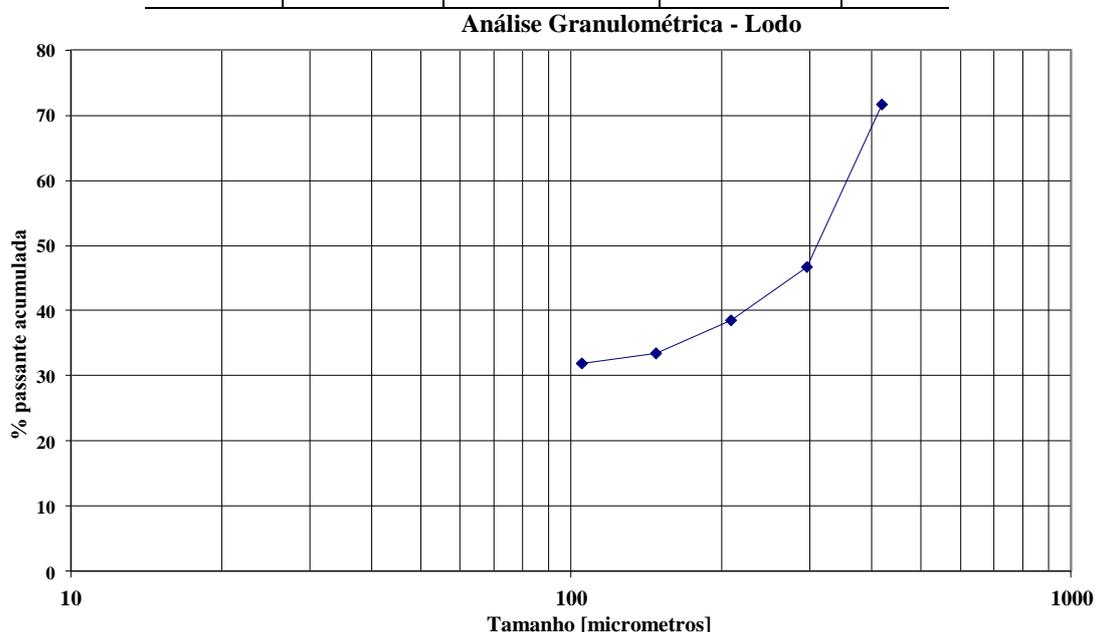


Figura 12: Curva granulométrica do lodo de eta

Através da curva granulométrica pode-se verificar que o lodo não possui grandes alterações em sua granulometria, isso pode ocorrer pelo fato de ser triturado mecanicamente com moinho, permitindo assim que a mesma seja o mais

para o ensaio igual a 18 kg. Durante o ensaio obteve-se a média de tempo (t) de acordo com a Tabela 05.

Tabela 05: Média de tempo t em segundos de drenagem do piso de concreto permeável

	Piso sem adição de lodo	Piso com adição de lodo
Média	28	125

Os valores do coeficiente de permeabilidade estão expressos na Tabela 06 em m/s:

Tabela 06: Resultado do cálculo do coeficiente de permeabilidade

	Piso sem adição de lodo	Piso com adição de lodo
k (m/s)	0,01039	0,00204

Através da Tabela 07 pode-se concluir que o piso de concreto permeável sem adição de lodo possui grau de permeabilidade alto e com adição de lodo também.

Tabela 07: Classificação de permeabilidade de pavimentos

Coeficiente de Permeabilidade		Grau de permeabilidade
k (m/s)	k (mm/s)	
>10 ⁻³	>3600	Alta
10 ⁻³ a 10 ⁻⁵	3600 a 36	Média
10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷	36 a 0,36	Baixa
10 ⁻⁷ a 10 ⁻⁹	0,36 a 0,0036	Muito Baixa
<10 ⁻⁹	<0,0036	Praticamente Impermeável

Fonte: NBR 16416 (2015)

A visualização da permeabilidade do piso sem e com adição de lodo, respectivamente, pode ser comparada visualmente através das Figuras 15 e 16. O piso com adição de lodo perde parcialmente a capacidade de drenar água, porém, ainda é aceitável segundo a NBR 16416 (2015).



Figura15: Piso sem adição de lodo



Figura16: Piso com adição de lodo

Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de resistência a compressão (Figura 17), foi feito primeiramente com os pisos sem adição de lodo para que fosse possível traçar um parâmetro deste material feito conforme comercializado com os pisos com acréscimo de 10% da massa de cimento em resíduo de ETA. A partir dos ensaios obteve-se os seguintes resultados representados na Tabela 08 a seguir.



Figura 17: aplicação de força no piso com prensa hidráulica

Tabela 08: Média da resistência a compressão dos pisos com e sem adição de resíduo de ETA

	Amostra c/ Lodo de ETA	Amostra s/ Lodo de ETA
Média (Mpa)	2,5	17

Ao fazer uma comparação pode-se analisar que os pisos, tanto os convencionais, quanto com adição de lodo, não possuem o mínimo de resistência prevista pela NBR 16416 (2013), igual ou superior a 20 MPa (Mega Pascal).

A presença de compostos orgânicos no lodo pode ocasionar a proliferação de microrganismos, como bactérias, que interferem na resistência do concreto, deixando o piso mais fraco, e também a escolha do agregado graúdo, neste caso foi utilizado brita 1, que aumenta a quantidade de vazios.

Conclusões

Após os ensaios realizados, conclui-se que o piso com adição de lodo teve a permeabilidade e a resistência a compressão inferiores ao esperado, sua resistência foi menor que o previsto pela NBR 16416 (2013) sem o lodo e com o lodo pode-se verificar que a resistência foi menor ainda do que a esperada, e também analisou-se que o coeficiente de permeabilidade é bem menor no piso com acréscimo de lodo.

Ao analisar a viabilidade do produto pensando no meio ambiente, pode-se classificar a fabricação de tais peças utilizando os resíduos de ETA como viável por seus benefícios ambientais, como a retirada desse resíduo do meio ambiente e de

aterros, contudo, a dificuldade para se conseguir este produto, e a demora no tempo de secagem, no caso do processo de aeração, dificulta a sua fabricação, diminuindo assim sua exequibilidade.

Referências Bibliográficas

AHMAD, T. AHMAD, K. ALAM, M. **Sustainable management of water treatment sludge through 3 'R' concept.** Journal of Cleaner Production – volume 124, P. 1-13, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416: Pavimentos permeável de concreto-requisitos e procedimentos.** 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo-Analise Granulométrica.** 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: Concretos para Fins Estruturais-Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.** 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e Concreto Endurecido-Determinação da absorção de água por imersão-Índice de vazios e massa específica.** 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação-especificação e método de ensaio.** 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados Determinação da composição granulométrica.** 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 3310-2: Peneiras para ensaio com tela de tecido metálico.** 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Classificação de Resíduos Sólidos**. 2004.

CORDEIRO, Miriam Pietra. **Agenda 21, conferencia ECO**. Burson Marsteller Assessoria de Comunicação. 1999, Rio de Janeiro.

PAIVA, Gabriela Santos; MOREIRA, Viviane Teles Goulart; SOARES, Alexandre Fátima. **Lodo de estação de tratamento de água (leta): resíduo ou insumo?** Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Ministério Público do Estado de Minas Gerais Saraiva. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, ConGeA**. 7^a, 21 a 24 de novembro 2016, Campina Grande. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-032.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

TAFAREL, Nathann Francisco; MACIOSKI, Gustavo; CARVALHO, Karina Querne; NAGALLI, André; FREITAS, Daiane Cristina; PASSIG, Fernando Hermes. **Avaliação das propriedades do concreto devido à incorporação de lodo de estação de tratamento de água**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Revista Matéria, vol. 21, n.04, Artigo. 2016. Disponível em <<https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/10572/7867>>. Acesso em: 12 de jun. 2018.

Análise comparativa entre pilares metálicos e pilares mistos, verificando o ganho de resistência a compressão axial destes elementos construtivos com base na NBR 8800 (2008).

Comparative analysis between metallic columns and constructional pillars, with verification of the gain of resistance to axial compression of building elements based on NBR 8800 (2008).

Edilene Guarnier Paiva¹

Eduardo Chehoud de Araújo Cintra²

Gabriela Nobrega Marques³

Jullyara Cristina Kuelhkamp⁴

Marcela Carolina da Rocha⁵

Cleverson Arenhart⁶

Resumo

Os pilares mistos, são elementos constituídos através da associação de perfis de aço e concreto, que quando trabalham em conjunto agregam suas principais características, à alta resistência do aço e a rigidez do concreto, aumentando sua resistência à compressão. Os pilares mistos podem ser classificados de acordo com a posição em que o concreto abrange a seção, sendo preenchidos ou revestidos. Os pilares preenchidos são formados por perfis tubulares ocos, preenchidos com concreto estrutural simples ou de alta resistência, dispensando-se o uso de fôrmas, em contrapartida os pilares revestidos consistem em perfis de aço, onde o concreto é utilizado como revestimento, além de oferecer maior resistência pela necessidade de armaduras, concede maior proteção em caso de incêndios e corrosão do perfil metálico. O presente trabalho demonstra através de cálculos as vantagens da utilização dos pilares mistos comparado com os pilares de estruturas metálicas. Foram realizados três estudos de caso com diferentes tipos de pilares e revestimentos. No primeiro estudo de caso utilizou-se um perfil I de seção W 150 x 24,00 revestido com concreto de C30, armado longitudinalmente com 4 barras \emptyset de 12,5 mm, para efeito de comparação de resistência a compressão, utilizou-se o mesmo perfil I de seção W 150 x 24,00 sem revestimento. No segundo estudo de caso considerou-se um pilar misto, preenchido, de seção circular, constituído por um tubo cilíndrico de diâmetro externo 21,9cm. Para efeito de

1 Acadêmico do 10º termo do curso de eng. Civil do Centro Universitário Católico Unisalesiano Auxilium de Araçatuba.

2 Acadêmico do 10º termo do curso de eng. Civil do Centro Universitário Católico Unisalesiano Auxilium de Araçatuba.

3 Acadêmico do 10º termo do curso de eng. Civil do Centro Universitário Católico Unisalesiano Auxilium de Araçatuba.

4 Acadêmico do 10º termo do curso de eng. Civil do Centro Universitário Católico Unisalesiano Auxilium de Araçatuba.

5 Acadêmico do 10º termo do curso de eng. Civil do Centro Universitário Católico Unisalesiano Auxilium de Araçatuba. 6 Engenheiro Civil graduado pela Universidade do Oeste Paulista de Presidente Prudente especialista em Docência do Ensino Superior pela Faculdade de Tecnologia Paulista de Lupércio.

comparação utilizou-se o mesmo tubo cilíndrico porém sem preenchimento. No terceiro e último estudo de caso considerou-se um pilar misto preenchido constituído perfil tubular quadrado com 1,42 cm de espessura da parede, preenchido com concreto C30. Para efeito comparativo utilizou-se o mesmo perfil sem preenchimento. Os resultados obtidos foram satisfatórios e dentro do esperado. Os pilares mistos oferecem vantagens estruturais, construtivas e econômicas, com o aumento da resistência à compressão, mostrados pelos estudos de caso; possibilita-se a redução das seções transversais dos pilares, utilizando-se menos concreto, reduzindo o peso próprio da estrutura e proporcionando à execução de vãos maiores. Para o dimensionamento das estruturas utilizou-se a NBR 8800(2008) “*Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*”, Anexo P.

Palavras-chave: Pilares mistos. Resistência à compressão. Ganho de resistência à compressão. Pilares metálicos.

Abstract

The mixed pillars (columns) are elements constituted by the association of steel and concrete profiles, which, when working together, add their principal characteristics, to the high steel strength and the rigidity of the concrete, increasing your resistance to compression. The mixed pillars (columns) can be classified according to the position in which the concrete cover the section, being filled or coated. The filled pillar (column) are formed by hollow tubular profiles, filled with simple structural concrete or concrete with high resistance, avoiding use of forms, in compensation the coated pillars (columns) consist of steel profiles, where the concrete is used as coating. Beyond offering higher resistance by necessity for armors, provides higher protection in case of fire and metallic profile corrosion. The present work shows by calculations the advantages of the use of the mixed pillar (columns) compared to pillars (columns) of metallic structure. Three case studies were carried out with different types of pillars and coatings. In the first case study a profile I with section W 150 x 24,00 coated with C30 concrete was used, armed longitudinally with 4 bars \emptyset of 12,5mm, for the purpose of comparison of resistance to compression, the same profile I with section W 150 x 24,00 without coating was used. In the second case study it was considered a mixed pillar (column), filled, with circular section, constituted of a cylindrical tube with an external diameter of 21,9cm. For the purpose of comparison, the same cylindrical tube was used, but without filling. In the

third and last case study, it was considered a filled mixed pillar (column) consisting of a square tubular profile with 1,42cm of wall thickness, filled with C30 concrete. For comparative effect, the same profile was used without filling. The results were satisfactory and within the expected. The mixed pillars (columns) offer structural, constructive and economic advantages, with the increase of the resistance to compression, shown by the case studies; it is possible to reduce the transversal sections of the pillars (columns), using less concrete, reducing the own weight of the structure and providing the execution of larger gaps. For the dimensioning of the structures, it was used the NBR 8800 (2008) “*Design of steel structures and mixed structures of steel and concrete of buildings*”, Annex P.

Keywords: Mixed pillars (columns). Compression resistance. Gain of compression resistance. Metallic pillars (columns).

Introdução

Utilizados desde os tempos remotos, os pilares são barras geralmente retas, com eixo disposto verticalmente, em que os esforços solicitantes predominantes são as forças normais de compressão (MALITE et al. 2015, p. 60).

Estes elementos estruturais são de grande importância para a construção civil, as estruturas mistas apesar de aparentar uma técnica recente, surgiram desde o século passado. A escolha por este sistema estrutural está intimamente ligada as vantagens oferecidas por eles, em comparação com os sistemas construtivos convencionais que utilizam apenas o aço estrutural ou o concreto armado separadamente (FIGUEIREDO, 1998).

A partir da década de 60, os sistemas de aço e concreto, ou seja, sistemas mistos ganharam corpo, com o desenvolvimento de métodos e disposições construtivas que garantem o funcionamento conjunto desses dois materiais, ampliando de forma considerável as opções de projeto e construção (QUEIROZ; PIMENTA; MARTINS, 2012, p.10).

Uma característica interessante das estruturas aço-concreto é que apesar de utilizarem materiais, diferentes estes trabalham de maneira independente, diferente das estruturas mistas em que os materiais atuam em conjunto, comportando-se como um único elemento (DE NARDIN, 1999).

As estruturas em aço-concreto reduzem mão de obra, traz agilidade e facilidade na técnica construtiva, além da economia dos materiais utilizados e obtenção de benefícios arquitetônicos (DE NARDIN, 1999).

A descrição “aço-concreto” é atribuída por perfis de aço (laminados, formados a frio ou soldados) trabalhando simultaneamente com o concreto (simples ou armado), produzindo pilares, vigas, lajes ou ligações mistas (DE NARDIN, 1999).

A utilização destes elementos como os pilares mistos ou pilares “aço-concreto” passou a ser adotado em diversos países pelo mundo, pois além de constituir uma excelente associação entre os materiais empregados, devido à alta resistência do aço, e à rigidez e o baixo custo do concreto, abriga o perfil de aço contra a ação do fogo e da corrosão, e apresentam aumento da resistência a compressão. A figura 01 apresenta o Edifício MC GRAW-HILL BUILDING, localizado na cidade de Chicago-EUA, construído na década de 20 com estrutura de madeira. Na década de 70 sua fachada foi retirada e reconstituída fielmente utilizando perfis metálicos revestidos de concreto (SILVA, 2012).



Figura 01: Edifício MC GRAW-HILL BUILDING

Fonte: NYC-ARCHITECTURE.COM

Com o aumento da resistência à compressão, possibilita-se a redução das seções transversais dos pilares, utilizando menos concreto, reduzindo o peso próprio da estrutura e proporcionado a execução de vão maiores.

A nova versão da NBR 8800 (2008) contempla em seus anexos métodos de cálculo e recomendações de projeto para lajes, vigas e pilares mistos. Realizando-se procedimentos de cálculos para a verificação de ganho de resistência aos exemplos estudados, averiguando se as associações do concreto com os perfis metálicos oferecem benefícios.

Metodologia

A proposta do presente trabalho é o estudo de caso de três situações entre pilares metálicos e pilares mistos, comparando o ganho de resistência a compressão.

O primeiro estudo de caso refere-se a um pilar metálico W 150,0 x 24,0 comparando-o com o mesmo perfil metálico revestindo-o com concreto $f_{ck} = 30$, armado longitudinalmente com 4 barras \emptyset de 12,5 mm.

O segundo estudo de caso refere-se a um perfil tubular de seção circular com diâmetro externo de 21,9 cm, com espessura de 1,42 cm, sem o preenchimento de concreto, comparando-o com o mesmo perfil preenchido com concreto.

O terceiro estudo de caso refere-se a um perfil tubular de seção quadrada com dimensões de (18 x 18) cm, com espessura de 1,42 cm, sem o preenchimento de concreto, comparando-o com o mesmo perfil preenchido com concreto.

Para a obtenção dos resultados os pilares foram calculados de acordo com a NBR 8000 (2008), conforme descrito o Anexo P.

Pilares mistos aço-concreto

Os pilares mistos, são elementos estruturais submetidos à compressão, constituídos através da associação de um ou mais perfis de aço, ou, por perfis tubulares de seções (circulares, retangulares ou quadradas), laminados ou soldados, podendo ser do tipo revestido parcialmente, revestidos ou preenchidos com concreto, simples ou armado. No que se refere aos pilares mistos parcialmente ou totalmente revestidos Vasconcelos (2006) indica cuidados a serem tomados quando a concretagem for feita com o pilar montado, o perfil de aço sozinho deve resistir as cargas solicitantes antes que ocorra a cura do concreto.

Quando o concreto reveste parcial ou totalmente os perfis metálicos, têm-se os pilares mistos revestidos. Aos elementos em que o concreto preenche o núcleo dos tubos de aço dá-se a designação de pilares mistos preenchidos. Além desses dois tipos principais, destacam-se ainda os pilares tipo “battened” e os parcialmente revestidos. (SILVA, 2006 p.2).

Um estudo realizado por (QUEIROZ et.al 2001), entre um pilar misto e um pilar de aço, comparando-os quando submetidos as mesmas condições de carregamento, concluíram que a resistência de um pilar misto aumentou 43% em relação ao pilar de aço, comprovando que o concreto resiste a uma parcela considerável da carga, além de reduzir a esbeltez efetiva da peça de aço.

A real economia entre os pilares mistos e os pilares de aço é apresentada por Para Tarnoczy (2001), estudou a real economia entre os pilares mistos e os pilares de aço, onde por meios comparativos obteve-se uma economia de até 50% de materiais.

Para Figueiredo (1998, p.25):

Para a avaliação da resistência de um pilar misto, muitos parâmetros devem ser analisados, tais como aderência, efeito de confinamento concreto, esbeltez, limite de escoamento do aço, deformação lenta e retração do concreto, modo de carregamento, formas da seção transversal e razão entre as áreas do perfil de aço e a área total da seção.

Uma vez que pilares trabalham normalmente à compressão, ou melhor, à flexocompressão, o pilar misto incorpora a resistência à compressão do concreto. O concreto, por sua vez, proporciona ao aço uma proteção eficiente contra corrosão e incêndio. Acrescente-se a isso uma redução de instabilidades locais das chapas do perfil metálico. Por outro lado, o perfil metálico garante a alta resistência e a facilidade de execução como estrutura metálica. A vantagem proporcionada pelo aumento, não só da capacidade de carga, mas também, da proteção ao incêndio, deve ser sempre avaliada em função dos processos escolhidos para a construção, transporte e montagem do pilar misto. A economia varia caso a caso, cabendo sempre ao responsável pela obra a avaliação do custo e do benefício (MONTOVANI, 2006).

Para os pilares de aço, a principal preocupação deve-se ao escoamento e flambagem que podem ser um aspecto limitante a sua capacidade de resistir aos esforços solicitantes. Para o concreto os limitantes são as fissuras e o esmagamento.

O uso dos pilares mistos de aço e concreto está mais relacionados à sua grande capacidade resistente, onde a utilização está intimamente ligada às vantagens estruturais intrínsecas proporcionadas pelo aço e pelo concreto (CAMPOS, 2006, p.09).

Segundo Vasconcellos (2004) após o endurecimento do concreto, aço e concreto passam a trabalhar de maneira simultânea, onde há caracterização do comportamento misto do pilar. Após essa etapa, os efeitos da retração e da fluência produzem deformações adicionais ao concreto e que são transferidas gradualmente ao aço.

Para Braga (2006, p. 29) *os pilares mistos preenchidos, além de oferecerem vantagens econômicas em relação aos de aço e de concreto armado, permite-se que consigam diferentes resistências com dimensões externas constantes, obtidas a partir da*

variação das espessuras das chapas que compõem o perfil, da resistência do concreto e da bitola das armaduras longitudinais.

Para os pilares mistos de aço revestidos tem a visibilidade de aparência arquitetônica harmoniosa, resistência a corrosão, segurança contra a possíveis incêndios e proteção contra impacto de veículos. Em contrapartida, uma desvantagem dos pilares de tubos preenchidos, apesar de o concreto melhorar a resistência ao fogo do pilar de aço, não providencia total proteção a ele, tornando-se necessário o uso de forma alternativa de proteção (FIGUEIREDO,1998).

Classificação dos pilares mistos

Pilares mistos de aço-concreto são perfis metálicos que podem ser utilizados isolados ou ligados entre si que trabalham junto com o concreto. Existem dois grupos de pilares mistos, os pilares mistos revestidos e os pilares mistos preenchidos (SILVA, 2012).

Segundo Silva (2012), os pilares mistos possuem características dos pilares de aço com sua capacidade de resistência, e a dos pilares de concreto com sua robustez.

Segundo De Nardin (1999) o estudo teórico experimental sobre os pilares mistos possibilitou avaliar parâmetros como a influência da forma da seção transversal, ou seja, relação largura/ espessura do perfil tubular e o efeito do confinamento no seu comportamento. Foram analisadas seções quadradas, circulares e retangulares preenchidas com concreto com resistência de 30 MPa.

Pilares mistos revestidos

Perfis de aço totalmente revestidos, consistem em perfis de aço com seção do tipo I ou H, compostas, soldadas ou laminas. A Figura 06 ilustra dois pilares sendo um I e outro H totalmente revestidos.

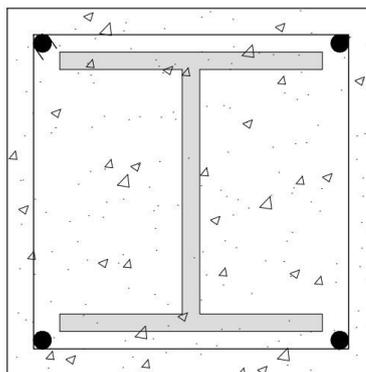


Figura 01: Pilares mistos revestidos

Fonte: Autores

O concreto utiliza-se como revestimento, além de oferecer maior resistência, concede maior proteção ao fogo e corrosão ao perfil metálico. A principal desvantagem é a necessidade de utilização de formas, além da fixação dos perfis e das barras de armadura.

Para os pilares com seções revestidas, a cobertura mínima necessária é de 40 mm, pois garante a proteção e integridade do perfil metálico contra ações externas.

Dentro do grupo de pilares revestidos encontram também os pilares parcialmente revestidos conforme ilustram a figura 07.

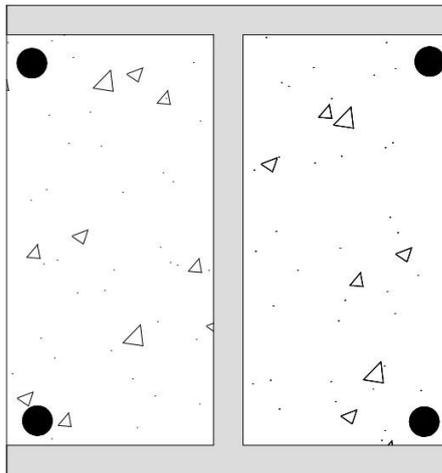


Figura 02: Pilar misto parcialmente revestido

Fonte: Autores

Os perfis de aço parcialmente revestidos necessitam de armadura longitudinal adicional, composta por barras de aço para armação do concreto, pois caracterizam-se pelo não envolvimento do aço pelo concreto.

Figueiredo (1998, p.11) *relata que nos pilares mistos revestidos ocorre um aumento de resistência, pela adição de um material que trabalha em conjunto com o aço, impedindo na maioria dos casos flambagens global e local, além de desempenhar a função adicional de proteção ao fogo e corrosão.*

Pilares mistos preenchidos

Os pilares mistos preenchidos são elementos estruturais formados por perfis tubulares ocos e preenchidos com concreto (figura 08), podendo ser de resistência normal ou de alta resistência. Dispensam o uso de formas, pois as paredes internas do tubo cumprem este papel.

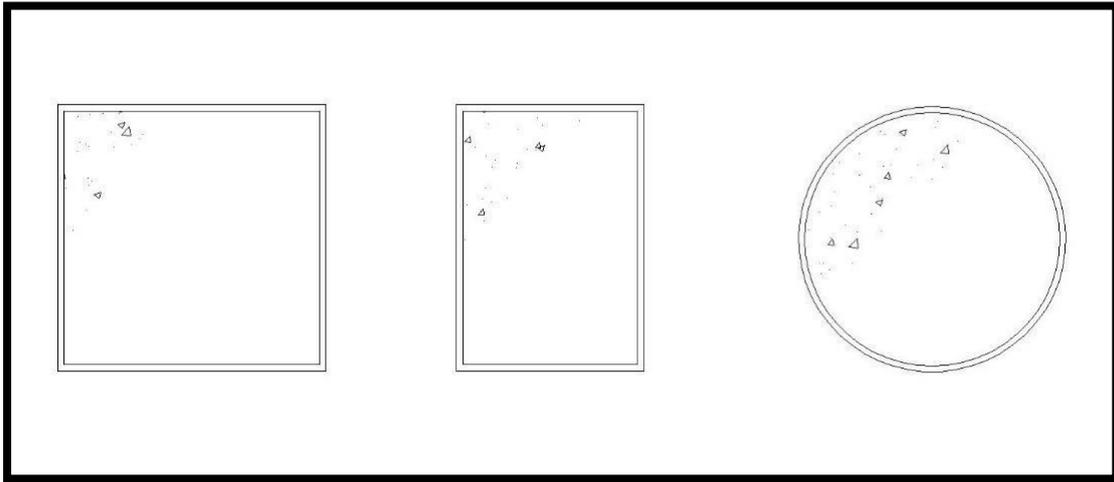


Figura 03: Pilares mistos preenchidos

Fonte: Autores

A utilização dos pilares mistos preenchidos propicia algumas vantagens como a dispensa da utilização de forma e armaduras, ductilidade, ganho de resistência devido ao confinamento do concreto. Apesar de melhorar a resistência ao fogo, o concreto não exerce proteção total, tornando-se necessária outras formas de proteções contra incêndio.

Para o processo construtivo dos pilares preenchidos, o tubo de aço atua como seção resistente parcial durante a concretagem, pois até que o concreto atinja a resistência necessária para compor a seção resistente mista no final (SILVA, 2006).

Bianchi (2002), acrescenta que em caso de incêndio, o aço, tem seu módulo de resistência reduzido, causando diminuição de sua resistência.

De acordo com Oliveira (2008, p. 42), o *tubo preenchido com concreto apresenta um aumento no valor da capacidade resistente sem significativo aumento de custo. Além disso, o concreto de preenchimento contribui retardando a flambagem local nas paredes do tubo e, em estajo confinado pode absorver tensões e deformações maiores do que poderia resistir se não estivesse confinado.*

No que se refere aos pilares circulares, pode-se avaliar os efeitos produzido pelo confinamento do concreto, efetivando a capacidade resistente à compressão, melhorando a resistência final do pilar (FIGUEIREDO, 1998, p. 13).

A associação do concreto com os perfis de aço preenchidos, minimiza a possibilidade de flambagem no perfil tubular, pois o perfil de aço confina lateralmente o concreto, aumentando sua resistência à compressão.

Resultados e discussões

Exemplos comparativos de resistência à compressão de um pilar perfil metálico e revestido

Exemplo 1: pilar misto revestido com concreto

Trata-se de um pilar misto (Figura 11) constituído de um perfil W 150 x 24,0, revestido com concreto de C30, formando dimensões externas de (18,2 x 25) cm, armado longitudinalmente com 4 barras \varnothing de 12,5 mm. O pilar tem comprimento igual a 400 cm nas duas direções, verificando sua resistência a compressão.

$$L_x = L_y = 400 \text{ cm}$$

Utilizou-se perfil laminado I, W 150 x 24,0, da Gerdau

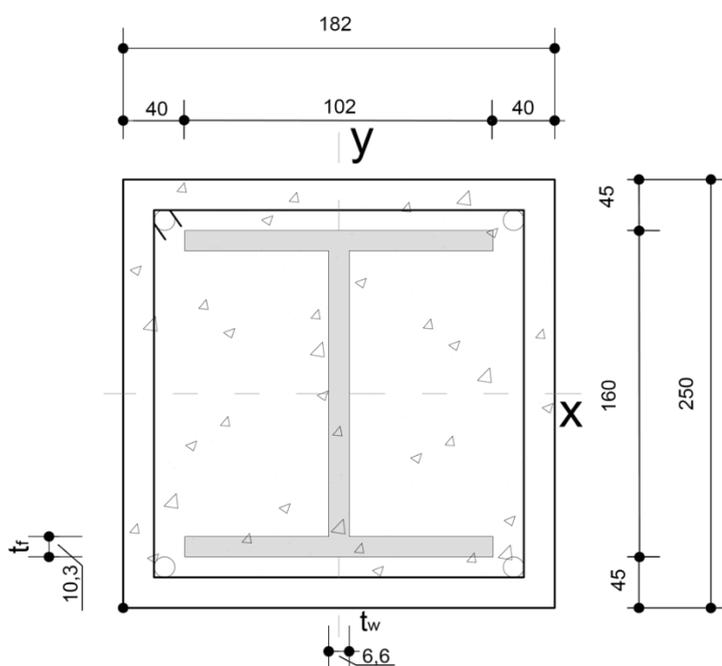


Figura 4: Perfil revestido com concreto (sem escala)

Verificação inicial

Para as seções I parcialmente revestida com concreto, não podem ser ultrapassados o valor da relação estabelecida pela NBR 8800:2008.

$$\frac{b_f}{t_f} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{102}{10,3} \leq 1,49 \sqrt{\frac{20000}{35}}$$

$$9,90 \leq 35,61$$

Propriedades dos materiais:

a) Resistência do perfil de aço

$$f_y = 345,0 \text{ MPa};$$

- Módulo de elasticidade do perfil do aço

$$E_a = 200000,0 \text{ MPa};$$

- Momento de inércia do perfil (Gerdau)

$$I_x: 1384,0 \text{ cm}^4;$$

$$I_y: 183,0 \text{ cm}^4;$$

Obs: Retirou-se esses valores do catálogo de perfis de aço Gerdau (em anexo).

b) Barras longitudinais

Para a armadura longitudinal utilizou-se 4 barras $\varnothing = 12,5 \text{ mm}$ de CA50. □

Área de aço das barras na seção transversal do pilar misto

$$A_s = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,25^2}{4} \times 4 = 4,91 \text{ cm}^2$$

- Resistência do aço das barras longitudinais:

$$f_{ys} = 50 \text{ kN/cm}^2$$

- Módulo de elasticidade das barras

$$E_s = 21.000 \text{ kN/cm}^2$$

- Momento de inércia das barras em relação aos eixos X e Y

$$I_{sx} = 291,11 \text{ cm}^4 \quad I_{sy}$$

$$= 127,8 \text{ cm}^4$$

c) Verificação do cobrimento

Para seções totalmente revestidas com concreto o cobrimento do perfil de aço deve estar dentro dos seguintes limites:

$$40 \text{ mm} \leq c_y \leq 0,3d \quad \text{e} \quad c_y \geq b_f/6$$

$$40 \text{ mm} \leq c_x \leq 0,4b_f \quad \text{e} \quad c_x \geq b_f/6 \quad \text{Aplicando-se os}$$

valores de d e b_f , temos:

$$48 \text{ mm} \leq c_y \leq 17 \text{ mm}$$

$$40,8 \text{ mm} \leq c_x \leq 17 \text{ mm} \quad \text{Adotou-se:}$$

$$c_x = 40,0 \text{ mm} \quad \text{e} \quad c_y = 45,0 \text{ mm}$$

Portanto o pilar revestido terá dimensões para efeito de cálculo:

$$b_c = b_f + 2 \cdot c_x = 102,0 + 2 \cdot 40,0 = 182,0 \text{ mm} \quad h_c =$$

$$d + 2 \cdot c_y = 160,0 + 2 \cdot 45,0 = 250,0 \text{ mm}$$

d) Cálculo do módulo de Elasticidade do Concreto:

$$E_{ci} = \alpha_e \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \alpha_e = 1,2 \text{ (basalto)}$$

$$E_{ci} = 1,20 \cdot 5600 \cdot \sqrt{30} = 36806,95 \text{ MPa}$$

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci}; \quad \alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{30}{80} = 0,875$$

$$E_{cs} = 36806,95 \cdot 0,875 = 32206,08 \text{ MPa}$$

Logo para os efeitos de retração e fluência do concreto, obtemos a redução do módulo de elasticidade do concreto

$$E_{c,red} = \frac{E_c}{1 + \varphi(N_{sd})} = \frac{32206,08}{1 + 0,6,2,5} = 12882,43 \text{ MPa}$$

e) Cálculo da área de concreto (A_c):

$$A_c = b_c \cdot h_c - A_s - A_a = 18,2 \cdot 25,0 - 31,5 - 4,91 = 418,59 \text{ cm}^2$$

f) Cálculo do momento de inércia do concreto (I_c):

$$I_c = b \frac{h^3}{12} - I_a - I_s = 18 \frac{25,0^3}{12} - 1384,0 - 291,11 = 22.022,8 \text{ cm}^4$$

g) Cálculo da força axial de compressão resistente de cálculo:

$$N_{pl,Rd} = N_{pl,a,Rd} + N_{pl,c,Rd} + N_{pl,s,Rd},$$

Onde :

$$N_{pl,a,Rd} = f_{yd} \cdot A_a$$

$$N_{pl,c,Rd} = f_{cd1} \cdot A_c$$

$$N_{pl,s,Rd} = f_{sd} \cdot A_s$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A_a + f_{cd1} \cdot A_c + f_{sd} \cdot A_s$$

$$N_{pl,Rd} = \left(\frac{35}{1,1}\right) \cdot 31,5 + \left(\frac{0,85,3}{1,4}\right) \cdot 418,59 + \left(\frac{50}{1,15}\right) \cdot 4,91 = 1.978,17 \text{ kN}$$

h) Cálculo do limite de aplicabilidade:

$$\delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{31,5 \left(\frac{35}{1,1}\right)}{1.978,17} = 0,51$$

$$0,2 \leq \delta \leq 0,9$$

EIXO X

i) Cálculo da rigidez efetiva à compressão na direção x:

$$(EA)_e = E_a \cdot A_a + E_{c,red} \cdot A_c + E_s \cdot A_s$$

$$(EA)_c = 20.000,0 \cdot 31,5 + 1288,24 \cdot 418,59 + 21.000,0 \cdot 4,91 = \\ 1.272.354,38 \text{ kN/cm}^2$$

j) Cálculo da rigidez efetiva à flexão em (x):

$$(EI)_e = E_a \cdot I_a + 0,6 \cdot E_{c,red} \cdot I_c + E_s \cdot I_s$$

$$(EI)_c = 20.000,0 \cdot 1384 + 0,6 \cdot 1288,24 \cdot 22.022,8 + 21.000,0 \cdot 291,1 \\ (EI)_e = 50.815.491,12 \text{ kN/cm}^2$$

k) Cálculo da força axial de flambagem:

$$N = \frac{\pi^2 \cdot (EI)_e}{(K \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 50.815.491,12}{(1.400,0)^2} = 3.134,55 \text{ kN}$$

l) Cálculo de esbeltez relativa:

$$\frac{N}{(EI)_e} = \frac{3.134,55}{50.815.491,12} = \pi^2 \cdot 50.815.491,12 = 3.134,55 \text{ kN}$$

α = coeficiente igual a 0,85.

Onde:

$$N_{pl,R} = f_Y \cdot A_a + \alpha \cdot f_{ck} \cdot A_c + f_{ys} \cdot A_s =$$

$$N_{pl,R} = 35 \cdot 31,5 + 0,85 \cdot 3 \cdot 418,59 + 50 \cdot 4,91 = 2.415,40 \text{ kN}$$

$$\lambda_{0,m} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_e}} = \sqrt{\frac{2.415,40}{3.134,55}} = 0,88$$

m) Cálculo do fator de redução associado à compressão:

Com o resultado do cálculo da esbeltez reduzida, utilizou-se o seguinte parâmetro:

$$\lambda_{0,m} \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0,658^{0,882} = 0,72$$

EIXO Y

n) Cálculo da rigidez efetiva à flexão na direção (y):

$$(EI)_e = E_a \cdot I_a + 0,6 \cdot E_{c,red} \cdot I_c + E_s \cdot I_s$$

$$(EI)_e = 20.000,0 \cdot 183,0 + 0,6 \cdot 1288,24 \cdot 12.248,8 + 21.000,0 \cdot 127,8 \\ (EI)_e = 15.811.436,47 \text{ kN/cm}^2$$

o) Cálculo da força axial de flambagem:

$$N_e = \frac{\pi^2 \cdot (EI)}{(K \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 15.811.436,47}{(1.400,0)^2} = 975,32 \text{ kN}$$

p) Cálculo do índice de esbeltez reduzido:

α = coeficiente igual a 0,85

$$N_{pl,R} = f_Y \cdot A_a + \alpha \cdot f_{ck} \cdot A_c + f_{ys} \cdot A_s$$

$$N_{pl,R} = 35.31,5 + 0,85 \cdot 3.418,59 + 50.4,91 = 2.415,40 \text{ kN}$$

$$\lambda_{0,m} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_e}} = \sqrt{\frac{2.415,40}{975,32}} = 1,57$$

q) Cálculo do fator de redução associado à compressão:

Com o resultado do cálculo da esbeltez reduzida, utilizou-se o seguinte parâmetro:

$$\text{Como } \lambda_{0,m} > 1,5 \rightarrow \chi = 0,877 \cdot \lambda_{0,m}^{-2} = 0,355$$

r) Cálculo da compressão axial:

$$N_{Rd,x} = \chi \cdot N_{pl,Rd} = 0,72 \cdot 1.978,17 = 1.424,28 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,y} = \chi \cdot N_{pl,Rd} = 0,355 \cdot 1.978,17 = \mathbf{702,44 \text{ kN}}$$

Pilar metálico sem revestimento

Para o efeito comparativo, dimensionou-se o mesmo perfil de aço anterior sem o revestimento de concreto (Figura 12), como forma de possibilitar a verificação de acréscimo de resistência que o concreto exerce sobre o perfil de aço revestido.

Comprimento efetivo de flambagem é de 400 cm nas duas principais direções.

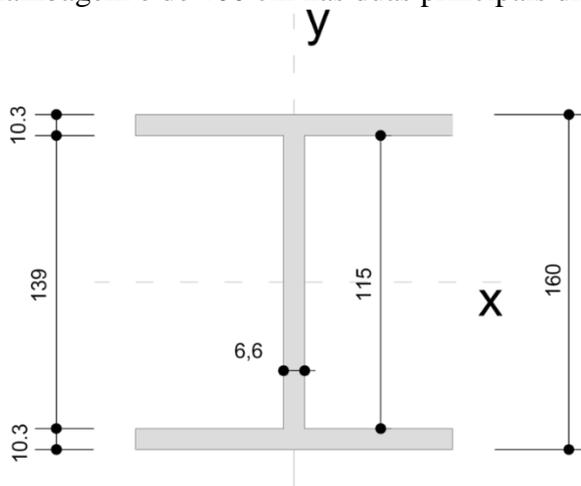


Figura 5: Perfil de aço (sem escala)

a) Cálculo do índice de esbeltez na direção x:

$$\lambda_x = \frac{K \cdot L}{200 r_x} = \frac{1,0 \cdot 400}{6,63} = 60,33 \leq$$

b) Cálculo do índice de esbeltez na direção y:

$$\lambda_y = \frac{K \cdot L}{200 r_y} = \frac{1,0 \cdot 400}{2,41} = 165,97 \leq$$

c) Cálculo da esbeltez da alma (AA):

$$AA = \frac{b}{t} = \frac{d'}{tw} = \frac{115,0}{6,6} = 17,42 \text{ mm}$$

$$\lambda_{lim, grupo}^{(2)} = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200.000,0}{345,0}} = 35,87$$

$$AA \leq \lambda_{lim, grupo}^{(2)} \rightarrow Q = 1,0$$

d) Cálculo da esbeltez da mesa (AL):

$$\frac{102,0}{b} = \frac{2}{t_f} = \frac{2}{10,3} = 4,95 \text{ AL mm}$$

$$\lambda_{lim, grupo}^{(4)} = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200.000,0}{345,0}} = 13,48$$

$$AL \leq \lambda_{lim, grupo}^{(4)}$$

e) Cálculo dos valores da força axial de flambagem elástica:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 20.000,0 \cdot 1384,0}{(1,0 \cdot 400,0)^2} = 1.707,44 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 20.000,0 \cdot 183,0}{(1,0 \cdot 400,0)^2} = 225,77 \text{ kN}$$

f) Cálculo do índice de esbeltez reduzido:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 31,5 \cdot 35}{225,77}} = 2,20$$

g) Cálculo do fator de redução:

$$\chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2} = \frac{0,877}{2,20^2} = 0,18$$

h) Cálculo da força axial resistente de cálculo:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{0,18 \cdot 1,0 \cdot 31,5 \cdot 35}{1,1} = 180,40 \text{ kN}$$

A tabela 01 apresenta análise dos resultados dos cálculos obtidos entre o pilar metálico de perfil I sem revestimento e o pilar metálico de perfil I revestido com concreto.

Elemento estrutural	Resistência à compressão axial
Pilar metálico – perfil I revestido em concreto	702,44 kN
Pilar metálico – perfil I	180,40 kN

Tabela 01: Análise dos resultados dos cálculos obtidos entre o pilar metálico de perfil I sem revestimento e o pilar metálico de perfil I revestido com concreto

Exemplo 2: pilar misto preenchido com concreto

Neste exemplo considerou-se um pilar misto (figura 13) preenchido de concreto com comprimento efetivo de flambagem de 400 cm nas duas direções, constituído por um tubo cilíndrico de diâmetro externo 21,9 cm.

$$L_x = L_y = 400 \text{ cm}$$

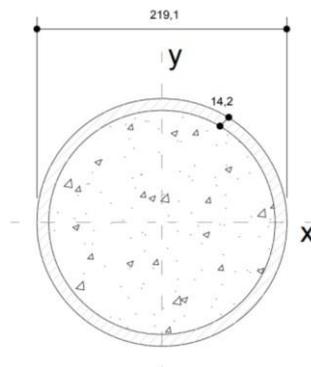


Figura 6: Perfil tubular circular preenchido com concreto (sem escala)

a) Verificações iniciais

De acordo com a NBR 8800 (2008), as seções circulares preenchidas com concreto obtêm-se através da verificação:

$$D/t \leq 0,15E/f_y$$

$$\frac{21,9}{1,42} \leq 0,15 \cdot 20.000,0/35$$

$$15,42 \leq 85,71$$

Propriedades dos materiais

b) Aço

□ Dimensões do perfil tubular

$$d = 219,1 \text{ mm}$$

$$t = 14,2 \text{ mm}$$

□ Área de aço da seção transversal (retirado do catalogo Vallourec) $A_a =$
91,4 cm²

□ Limite de escoamento do aço

$$f_y = 35,0 \text{ kN/cm}^2$$

□ Módulo de Elasticidade

$$E_a = 200000,0 \text{ MPa};$$

□ Momento de Inércia (retirado do catalogo Vallourec)

$$I_a = 4820 \text{ cm}^4$$

c) Concreto

□ Resistência à compressão

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

□ Módulo de Elasticidade

$$E_{ci} = \alpha_e \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \alpha_e = 1,2 \text{ (basalto)}$$

$$E_{ci} = 1,20 \cdot 5600 \cdot \sqrt{30} = 36806,95 \text{ MPa}$$

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci}; \quad \alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{30}{80} = 0,875$$

$$E_{cs} = 36806,95 \cdot 0,875 = 32206,08 \text{ MPa}$$

Não necessitou-se o cálculo de retração e fluência do concreto $E_{c,red}$, pois para seções tubulares preenchidas com concreto é igual a zero. □ Área de concreto da seção transversal

$$d_{int} = (d_{ext} - 2 \cdot t) = 21,9 - 2 \cdot 1,42 = 19,06 \text{ cm}$$

$$A_c = \frac{\pi \cdot d_{int}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 19,06^2}{4} = 285,32 \text{ cm}^2$$

□ Momento de Inércia

$$I_c = \pi \cdot \frac{d_{int}^4}{64} = \pi \cdot \frac{19,06^4}{64} = 6.478,30 \text{ cm}^4$$

4 4

d) Cálculo da força axial de compressão resistente de cálculo:

$$N_{pl,Rd} = N_{pl,a,Rd} + N_{pl,c,Rd} + N_{pl,s,Rd},$$

Onde:

$$N_{pl,a,Rd} = f_{yd} \cdot A_a$$

$$N_{pl,c,Rd} = f_{cd1} \cdot A_c$$

Neste caso como não se possui armadura longitudinais os valores foram considerados 0.

$$N_{pl,s,Rd} = f_{sd} \cdot A_s$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A_a + f_{cd1} \cdot A_c + f_{sd} \cdot A_s$$

$$N_{pl,Rd} = \left(\frac{35}{1,1} \right) \cdot 91,4 + \left(\frac{0,95 \cdot 3}{1,4} \right) \cdot 285,32 = 3.489,01 \text{ kN}$$

e) Cálculo do limite de aplicabilidade:

Se δ estiver entre os valores estabelecidos, considera-se pilar misto.

$$\delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{91,4 \cdot \left(\frac{35}{1,1} \right)}{3.489,01} = 0,833$$

$$0,2 \leq \delta \leq 0,9$$

f) Rigidez efetiva da seção mista à flexão

$$(EI)_e = E_a \cdot I_a + 0,6 \cdot E_{c,red} \cdot I_c + E_s \cdot I_s$$

$$(EI)_e = 20.000,0 \cdot 4820,0 + 0,6 \cdot 3.220,60 \cdot 6.478,30$$

$$(EI)_e = 108.918.441,4 \text{ kN/cm}^2$$

g) Carga crítica de flambagem elástica por flexão

$$N_e = \frac{\pi^2 \cdot (EI)_e}{(K \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 108.918.441,4}{(1 \cdot 400,0)^2} = 6.718,63 \text{ kN}$$

h) Cálculo do índice de esbeltez reduzido

α = coeficiente igual a 0,95 para seções tubulares circulares preenchidas.

$$N_{pl,R} = f_y \cdot A_a + \alpha \cdot f_{ck} \cdot A_c + f_{ys} \cdot A_s$$

$$N_{pl,R} = 35 \cdot 91,4 + 0,95 \cdot 3 \cdot 285,32 = 4.012,16 \text{ kN}$$

$$\lambda_{0,m} = \frac{012,16}{\sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_e}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 012,16}{6.718,63}} = 0,77$$

- i) Cálculo do fator de redução associado à compressão:

$$\text{Como } \lambda_{0,m} > 1,5 \rightarrow \chi = 0,658^{0,772} = 0,78$$

- j) Cálculo da compressão axial:

$$N_{Rd} = \chi \cdot N_{pl,Rd} = 0,78 \cdot 3.489,01 = \mathbf{2.721,42 \text{ kN}}$$

Pilar metálico sem preenchimento

Neste exemplo considerou-se o mesmo pilar tubular sem o preenchimento do concreto (Figura 14), com um comprimento efetivo de flambagem de 400 cm nas duas direções, constituído por um tubo cilíndrico de diâmetro externo 21,9 cm.

$$L_x = L_y = 400 \text{ cm}$$

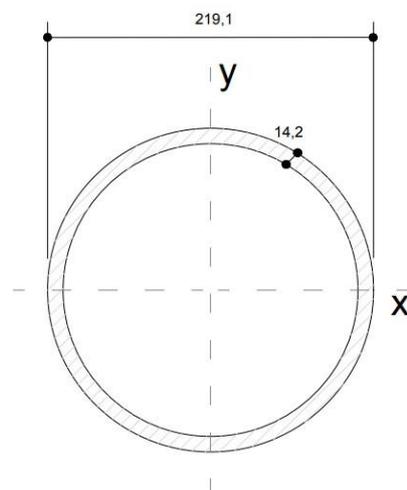


Figura 7: Perfil Tubular sem preenchimento (sem escala)

- a) Fator de redução para flambagem local

$$\frac{D}{t} \leq 0,11 \frac{E}{f_y}$$

$$\frac{21,9}{1,42} \leq 0,11 \frac{20.000,0}{35}$$

$$15,42 \leq 62,85$$

Adotou-se

$$Q = 1,00$$

- b) Cálculo do índice de esbeltez na direção x e y :

Para o valor do raio de giração, utilizou-se o catalogo (em anexo).

$$\lambda_{xy} = \frac{K \cdot L}{r_{xy}} = \frac{1,0 \cdot 400}{7,26} = 55,09 \leq 200$$

c) Cálculo dos valores da força axial de flambagem elástica:

$$N_{ex} = N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K_x \cdot L_x)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 20.000,0 \cdot 4820,0}{(1,0 \cdot 400,0)^2} = 5.946,43 \text{ kN}$$

d) Cálculo do índice de esbelteza reduzido:

$$\lambda_0 = \frac{L_0}{i} = \frac{400,0}{52,5} = 7,62$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 91,4 \cdot 35}{5.946,43}} = 0,73$$

e) Cálculo do fator de redução:

$$\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0,658^{\lambda_0^2} = 0,80$$

f) Cálculo da força axial resistente de cálculo:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{0,80 \cdot 1,0 \cdot 91,4 \cdot 35}{1,1} = 2.326,54 \text{ kN}$$

A tabela 02 apresenta os resultados dos cálculos obtidos entre o pilar de seção circular metálico sem preenchimento e o pilar de seção circular metálico preenchido com concreto.

Elemento estrutural	Resistência à compressão axial
Pilar preenchido com concreto	2.721,42 kN
Pilar de seção circular – sem preenchimento	2.326,54 kN

Tabela 02: Resultados dos cálculos obtidos entre o pilar de seção circular metálico sem preenchimento e o pilar de seção circular metálico preenchido com concreto.

Exemplo 3: pilar misto de seção quadrada preenchido com concreto

Neste exemplo considerou-se um pilar misto preenchido constituído perfil tubular quadrado (figura 15) com 18 cm de dimensão externa e 1,42 cm de espessura da parede, preenchido com concreto C30. O pilar tem comprimento efetivo de flambagem de 400 cm nas duas direções.

$$L_x = L_y = 400 \text{ cm}$$

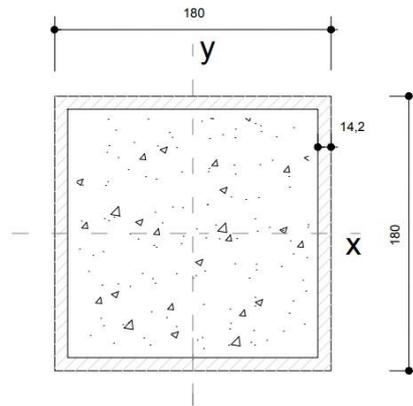


Figura 8: Perfil tubular quadrado preenchido com concreto (sem escala) a)

Verificações iniciais

De acordo com a NBR 8800 (2008), as seções quadradas ou retangulares preenchidas com concreto obtêm-se através da verificação:

$$b_i/t \leq 2,26\sqrt{E/f_y}$$

$$\frac{42}{1,} \leq 2,26\sqrt{\frac{20.000,0}{35}} \quad 18$$

$$12,68 \leq 54,02 \quad \text{Propriedade}$$

dos materiais:

b) Aço

- Dimensões do perfil tubular quadrado

$$d = 180 \times 180 \text{ mm}$$

$$t = 14,2 \text{ mm}$$

- Área de aço da seção transversal (retirado do catalogo Vallourec, em anexo)

$$A_a = 91,4 \text{ cm}^2$$

- Limite de escoamento do aço

- $f_y = 35,0 \text{ kN/cm}^2$

- Módulo de Elasticidade

$$E_a = 200000,0 \text{ MPa};$$

- Momento de Inércia (retirado do catalogo Vallourec)

$$I_a = I_x = I_y = 3663 \text{ cm}^4$$

c) Concreto

□ Resistência à compressão $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

□ Módulo de Elasticidade

$$E_{ci} = \alpha_e \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \alpha_e = 1,2 \text{ (basalto)}$$

$$E_{ci} = 1,20 \cdot 5600 \cdot \sqrt{30} = 36806,95 \text{ MPa}$$

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci}; \quad \alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{30}{80} = 0,875$$

$$E_{cs} = 36806,95 \cdot 0,875 = 32206,08 \text{ MPa}$$

$$E_{c,red} = \frac{E_c}{1 + \varphi(N_{sd})} = \frac{32206,08}{1 + 0,6 \cdot 2,5} = 12.882,24 \text{ MPa}$$

□ Área de concreto da seção transversal

$$d = (d - 2 \cdot t) = 18 - 2 \times 1,42 = 15,16 \text{ cm}$$

$$A_c = 15,15 \times 15,16 = 229,82 \text{ cm}^2$$

□ Momento de Inércia

$$I_c = \frac{15,16^4}{4} = 15,16^4 = 4.401,6 \text{ cm}^4$$

d) Cálculo da força axial de compressão resistente de cálculo:

$$N_{pl,Rd} = N_{pl,a,Rd} + N_{pl,c,Rd} + N_{pl,s,Rd},$$

Onde:

$$N_{pl,a,Rd} = f_{yd} \cdot A_a$$

$$N_{pl,c,Rd} = f_{cd1} \cdot A_c$$

$$N_{pl,s,Rd} = f_{sd} \cdot A_s$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A_a + f_{cd1} \cdot A_c + f_{sd} \cdot A_s$$

$$N_{pl,Rd} = \left(\frac{35}{1,1} \right) \cdot 91,4 + \left(\frac{0,85 \cdot 3}{1,4} \right) \cdot 229,82 = 3.326,78 \text{ kN}$$

e) Cálculo do limite de aplicabilidade:

$$\delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{91,4 \left(\frac{35}{1,1} \right)}{3.326,78} = 0,874$$

$$0,2 \leq \delta \leq 0,9$$

f) Rigidez efetiva da seção mista à flexão

$$(EI)_e = E_a \cdot I_a + 0,6 \cdot E_{c,red} \cdot I_c +$$

$$(EI)_e = 20.000,0 \cdot 3663,0 + 0,6 \cdot 1288,24 \cdot 4.401,65$$

$$(EI)_e = 76.662.228,96 \text{ kN/cm}^2$$

g) Carga crítica de flambagem elástica por flexão

$$N_{ex} = N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot (EI)}{(K \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 76.662.228,96}{(1.400,0)^2} = 4.728,91 \text{ kN}$$

h) Cálculo do índice de esbeltez reduzido $\alpha =$ coeficiente igual a 0,85.

$$N_{pl,R} = f_Y \cdot A_a + \alpha \cdot f_{ck} \cdot A_c + f_{ys} \cdot A_s = 35 \cdot 91,4 + 0,85 \cdot 3 \cdot 229,82 = 3.785,04 \text{ kN}$$

$$\lambda_{0,m} = \frac{785,04}{\sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_e}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 785,04}{4.728,91}} = 0,89$$

i) Cálculo do fator de redução associado à compressão:

$$\text{Como } \lambda_{0,m} > 1,5 \rightarrow \chi = 0,658^{0,892} = 0,71$$

j) Cálculo da compressão axial:

$$N_{Rd} = \chi \cdot N_{pl,Rd} = 0,71 \cdot 3.326,78 = 2.362,02 \text{ kN}$$

Pilar seção quadrada sem preenchimento

A título comparativo, será verificada a resistência de um pilar de aço constituído de um perfil tubular quadrado 18 x 18 cm (Figura 16), ou seja, sem preenchimento de concreto. O comprimento efetivo de flambagem também é igual a 400 cm.

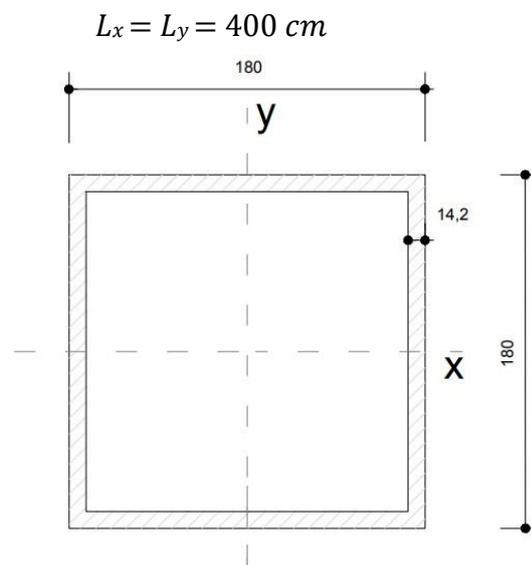


Figura 9: Perfil tubular quadrado sem preenchido (sem escala)

a) Fator de redução para flambagem local

$$\frac{b}{t} \leq 1,40\sqrt{E/f_y}$$

$$\frac{18}{1,42} \leq 1,40\sqrt{\frac{20000}{35}}$$

$$12,67 \leq 33,46$$

Adotou-se

$$Q = 1,00$$

b) Cálculo do índice de esbeltez na direção x e y :

Para o valor do raio de giração, utilizou-se o catalogo.

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{K \cdot L}{200 \cdot r} = \frac{1,0 \cdot 400}{6,33} = 63,19 \leq$$

c) Cálculo dos valores da força axial de flambagem elástica:

$$N_{ex} = N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K_x \cdot L_x)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 20000 \cdot 0,3663}{(1,0 \cdot 400,0)^2} = 4.519,045 \text{ kN}$$

d) Cálculo do índice de esbeltez reduzido:

$$\lambda_0 = \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{63,19}{\sqrt{4.519,045}} = 0,84$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 91,4 \cdot 35}{4.519,045}} = 0,84$$

e) Cálculo do fator de redução:

$$\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0,658^{\lambda_0^2} = 0,658^{0,84} = 0,74$$

f) Cálculo da força axial resistente de cálculo:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{0,74 \cdot 1,0 \cdot 91,4 \cdot 35}{1,1} = 2.152,05 \text{ kN}$$

A tabela 03 apresenta os resultados dos cálculos obtidos entre o pilar de seção quadrada metálico sem preenchimento e o pilar de seção quadrada metálico preenchido com concreto.

Elemento estrutural	Resistência à compressão axial

Pilar misto de seção quadrada com preenchimento de concreto	2.362,02 kN
Pilar de seção quadrada sem preenchimento	2.152,05 kN

Tabela 03: Resultados dos cálculos obtidos entre o pilar de seção quadrada metálico sem preenchimento e o pilar de seção quadrada metálico preenchido com concreto

Análise dos resultados

No primeiro estudo de caso, analisou-se um pilar metálico W 150 x 24,0, que resiste aproximadamente a 180 kN quando submetido aos cálculos de compressão, comparando-o a um pilar misto revestido constituído do mesmo perfil metálico, revestido com concreto de $C = 30$, armado longitudinalmente com 4 barras \varnothing de 12,5 mm, de dimensões (18,2 x 25) cm, que resiste a 622,05 kN. Observou-se que o pilar metálico sozinho resiste a 28,9 % comparado ao pilar misto, ou seja, o pilar misto revestido possui 3,5 vezes mais resistência a compressão do que o pilar metálico. Os resultados podem ser analisados no gráfico 01:

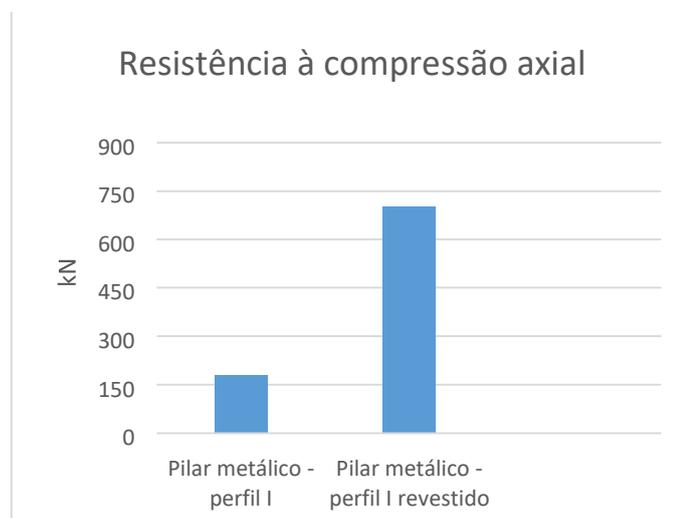


Gráfico 01: Resistência à compressão axial

No segundo estudo de caso, analisou-se um pilar de perfil tubular de seção circular sem o preenchimento de concreto com diâmetro externo 21,9 cm e o perfil tubular preenchido com concreto simples. A resistência do pilar preenchido de concreto a compressão axial foi de 16% superior à resistência do perfil tubular sem o preenchimento do concreto. Os resultados são apresentados no gráfico 02:

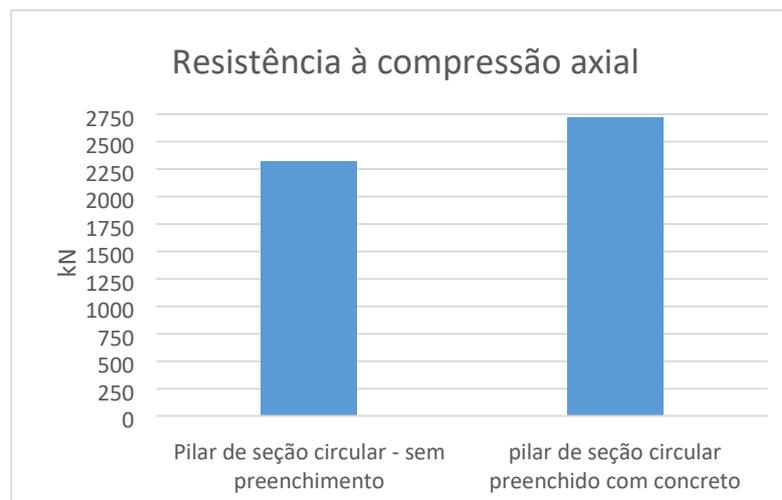


Gráfico 02: Resistência à compressão axial

No estudo de caso três, analisou-se os cálculos obtidos entre o pilar de seção quadrada metálico sem preenchimento e o pilar de seção quadrada metálico preenchido com concreto, de dimensão 18 x 18 cm. A resistência do pilar preenchido de concreto a compressão axial foi de 11% superior à resistência do perfil tubular sem o preenchimento de concreto. Os resultados são apresentados no gráfico 03:

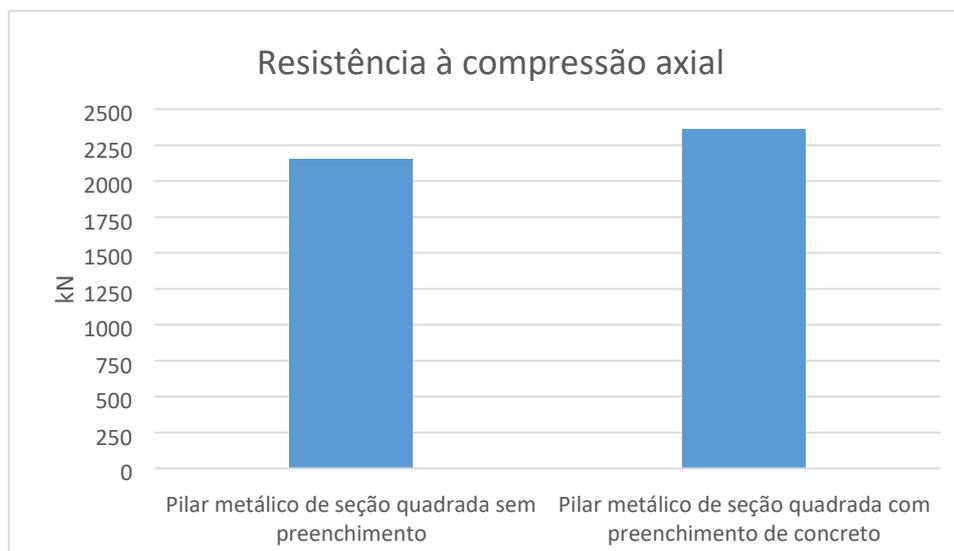


Gráfico 03: Resistência à compressão axial

Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvido e implementado os procedimentos de cálculos para a verificação de pilares de aço ou pilares mistos de aço-concreto preenchidos ou revestidos. Os métodos de cálculo para resistência à compressão das seções estudadas foram aferidos pela NBR 8800 (2008) “ *Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*”. Através deste estudo, pode-se analisar e comparar a resistência à compressão dos pilares metálicos e dos pilares mistos.

Foram realizados três estudos de caso com diferentes tipos de pilares e revestimentos. No primeiro estudo de caso utilizou-se um perfil I de seção W 150 x 24,00 revestido com concreto de C30, armado longitudinalmente com 4 barras \emptyset de 12,5 mm, e o mesmo perfil I de seção W 150 x 24,00 sem revestimento. Observou-se que o pilar revestido possui 3,5 vezes mais resistência a compressão que o pilar metálico.

No segundo estudo de caso, pilar misto de seção circular preenchido, constituído por um tubo cilíndrico de diâmetro externo 21,9 cm e o mesmo tubo cilíndrico, porém sem preenchimento. Observou-se que o pilar preenchido de concreto resiste 16% a mais de resistência a compressão que o pilar metálico sem preenchimento.

No terceiro e último estudo de caso considerou-se um pilar misto preenchido constituído perfil tubular quadrado 1,42 cm de espessura da parede, preenchido com concreto C30 e utilizou-se o mesmo perfil sem preenchimento. Como esperado o pilar preenchido suportou 11% a mais de resistência a compressão que o pilar oco.

Dos três modelos estudados, o pilar revestido do primeiro estudo de caso apresentou valores acima do esperado quanto a resistência a compressão, alguns fatores podem ter influenciado nos cálculos, como por exemplo a presença de armaduras longitudinais.

Os resultados obtidos foram satisfatórios e dentro do esperado. Os pilares mistos oferecem vantagens estruturais, construtivas e econômicas, com o aumento da resistência à compressão, mostrados pelos estudos de caso, possibilita-se a redução das seções transversais dos pilares, utilizando-se menos concreto, reduzindo o peso próprio da estrutura e proporcionando a execução de vão maiores. Os objetivos propostos foram alcançados. Pilares mistos possuem maior capacidade resistente de carga a compressão axial.

Conclui-se que o trabalho colaborou para a percepção e o melhor entendimento do comportamento dos pilares mistos, onde houve a possibilidade de comprovar através dos cálculos efetuados que o concreto quando associado ao aço resiste a uma parcela significativa de resistência de carga, além de oferecerem outras vantagens em questões econômicas, construtivas, prevenção contra ao fogo e corrosão. O pilar misto em comparação com um pilar de aço possui sua rigidez e resistência majoradas pela presença do concreto, comprovando a aplicabilidade desta associação.

Referências bibliográficas

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

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mista de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

BELLEI, I. H.; PINHO, F.O.; PINHO, M.O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 2008. 559 p.

BIANCHI, F. R. **Análise do comportamento dos pilares mistos considerando a utilização de conectores de cisalhamento**. 2002. 186 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

BRAGA, A. C. **Estudo de pilares mistos aço-concreto com comparações entre soluções em aço e em concreto armado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

BRAGA, Augusto C. G.; FERREIRA, Walnório G. **Pilares mistos aço-concreto e comparativo de custo com pilares de aço e pilares de concreto armado**. Disponível em: Revista Escola Minas. Ouro Preto, v. 64, n. 4, out/dez, 2011. Acesso em 15 de out. 2018.

CALDAS, Rodrigo Barreto, Ricardo Hallal Fakury, e João Marques Sousa Jr. “ **Bases do dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto segundo o projeto de revisão da NBR 8800**” Revista *Escola de Minas*, 2011.

CAMPOS, A. S. **Estudo sobre os critérios de dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas , 2006.

CANALES, A. F. **Estudo do dimensionamento de pilares de aço tubulares e pilares mistos de perfis tubulares preenchidos com concreto de acordo com a ABNT NBR 16236:2013**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.

CASTALDELLO, Alexandre. X. **Análise comparativa de edifícios com pilares de aço e pilares mistos de aço-concreto**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL, CSN. **Aço na Construção Cívil**. Disponível em: << file:///C:/Users/Usuario/Downloads/aco_na_construcao_civil_csn>>. Acesso em: 20 de outubro 2018.

CHING Francis D. K., BARRY S. Onouye, ZUBERBUHLER Douglas..**Sistemas Estruturais Ilustrados**- 2. Edição: Padrões, Sistemas e Projetos. Porto Alegre: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2015.

- DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Edificações de Aço no Brasil**. São Paulo: Zigurate, 1999.
- FERNANDES, R. M. **A influência das ações repetidas na aderência aço-concreto**. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- FIGUEIREDO, L.M.B. **Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto**, 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 143p
- GAIGA, F. **Análise da distribuição das tensões de cisalhamento na interface açoconcreto de pilares mistos parcialmente revestidos**. 2008. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GARDNER, J. J.; JACOBSON, E. R. (1967). **Structural behavior of concrete-filled steel tubes**. *ACI Journal, Proceedings*, v.64, n.38, p.404-413, July.
- NARDIN, S. de. **Estudo teórico-experimental de pilares mistos compostos por tubos de aço preenchidos com concreto de alta resistência**. 1999. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- MALITE, M. **Sobre o cálculo de vigas mistas aço-concreto: Ênfase em Edifícios**. São Carlos. 1990. 144p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- MONTOVANI, Édinton. C. **Comportamento de pilares mistos, com ênfase na zona de introdução de cargas**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- NYC ARCHITECTURE. Disponível em:<<<http://www.nyc-architecture.com/>>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.
- OLIVEIRA, W. L. A. **Análise teórico-experimental de pilares mistos preenchidos de seção circular**. 2008. 239f. Tese (doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. **Dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009. 357 p.
- PRESTES, J. A. S. **Análise teórico-experimental de pilares mistos parcialmente revestidos com concreto**. 2003. Texto para o exame de qualificação para o doutorado – Departamento de Engenharia de Estruturas - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- QUEIROZ, G., RODRIGUES, F. C., CHAVES, L. B. (2001). **Análise de repartição de cargas entre aço e concreto nos pilares mistos**. IV Seminário Internacional “O uso de estruturas metálicas na construção civil” e I Congresso Internacional da Construção Metálica – I CICOM. São Paulo, SP, Brasil.
- Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

QUEIROZ, Gilson.; PIMENTA, José R. (2001). **Elementos das estruturas mistas aço-concreto**. Belo Horizonte: O Lutador. 336p.

QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, José R.; MARTINS, Alexander G. **Manual de construção em aço: estruturas mistas**. V.1. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço B

RAYMOND. Hood with Godley & Fouilhoux. **McGraw- Hill Building 1**. Disponível em: <<http://www.nyc-architecture.com/MID/MID130.htm>> Acesso em: 13 de out. 2018.

SÁLES, José Jairo. **Sistemas Estruturais** / DIAS, Antonio. A, NETO, Jorge. M, MALITE, Maximiliano. – 2. Ed. Rio de Janeiro: Elseveir, 2015

SIMÕES, R. **Efeito do confinamento em pilares mistos curtos de aço e concreto**. Campinas, 2008, Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 152 p.

SILVA, P. H. L. **Dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto**. 2012. 314 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVA, R. D. da. **Estudo da aderência aço-concreto em pilares mistos preenchidos**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

TARNOCZY, E.J. **Custo comparativo entre colunas mistas e metálicas**. I Congresso Internacional da Construção Metálica (I CICOM), São Paulo, 2001.

VASCONCELLOS, A.L. **Cálculo Completo de um Edifício de Aço com Estruturas Mistas**. Goiânia, 2004.

Efeitos do afundamento de tensão na indústria têxtil

Effects of voltage sag in the textile industry – Araçatuba-SP

Erik Yuri
Fernando Antenori
Guilherme Marques
Matheus Quideroli
Samuel Rodrigues

Giuliano Pierre Estevam

RESUMO

O campo da qualidade de energia ganha a atenção de profissionais da área da Engenharia Elétrica, uma vez que essa vertente é responsável pela melhoria de processos em que são utilizados equipamentos sensíveis a distúrbios da rede elétrica. Este trabalho consiste em analisar os impactos do afundamento de tensão, distúrbio que altera a qualidade da energia, no âmbito da indústria têxtil, tendo em vista que o mesmo pode alterar qualidade do produto fabricado e causar danos aos equipamentos.

Palavras-chave: Qualidade de energia, afundamento de tensão, indústria têxtil.

ABSTRACT

The field of energy quality is increasingly attracting the attention of the electrical engineering area, since this responsible for the improvement of the processes in which are produced equipment sensitive to disturbances of the electrical network. This work consists of analyzing the impacts of the voltage dip, a disturbance that changes the quality of energy, within the textile industry, considering that It can alter the quality of the manufactured product and cause damages to the equipment

Key-words: Energy quality, voltage dip, Textile industry.

Introdução

A energia elétrica é uma forma de energia que possui uma ampla aplicação, pois permite uma fácil conversão para outros tipos de energia, como: luminosa, mecânica, sonora, etc, possibilitando atividades de produção e o conforto em diversos setores na sociedade moderna. Para que todos esses processos, em que a energia elétrica está envolvida, ocorram de maneira satisfatória é necessário que a concessionária mantenha um alto nível de qualidade da energia elétrica, de modo que atenda os padrões recomendados e aceitos pelos órgãos que fiscalizam o setor. Contudo, mesmo com os padrões recomendados, a qualidade de energia entregue aos consumidores ainda pode sofrer alguns distúrbios, podendo prejudicar e até impossibilitar sua utilização.

Bollen (1999) diz que a qualidade de energia já não é algo recente, e que a menção mais antiga ao termo qualidade de energia data de 1968, em um estudo da marinha dos Estados Unidos sobre a energia necessária para equipamentos eletrônicos.

A área da qualidade de energia está recebendo cada vez mais importância, devido a diversos motivos, dentre eles, a constituição atual dos equipamentos contemporâneos principalmente os equipamentos baseados em circuitos eletrônicos analógicos/digitais, o crescimento da indústria, os aspectos econômicos que esses distúrbios causam as concessionárias, consumidores e fabricantes de equipamentos.

Dentre os fenômenos que atingem a qualidade de energia, deve-se notar o afundamento de tensão “*voltage sag*”, caracterizado pela redução momentânea do valor eficaz da rede elétrica que pode ser tanto de curta como longa duração, que está presente em operações da indústria têxtil, causando perda de matéria-prima e paradas durante o horário de produção.

O estudo dos efeitos do afundamento de tensão na indústria têxtil desperta o interesse devido ao quão próximo é de nosso cotidiano e como pode melhorar substancialmente a produção de material têxtil, resultando em melhorias diretas ou indiretas no campo econômico e nas condições de trabalhos da função de operador de maquinário. Ao analisar a qualidade de energia de uma indústria é possível identificar se a instalação apresenta afundamento de tensão, possibilitando o estudo e a possível correção do fenômeno, que resultaria em extinção da vida útil do maquinário, mais fluidez em suas operações e uma melhor qualidade de produto final.

1. Considerações iniciais

O Brasil possui uma das últimas cadeias têxteis completas do ocidente. Aqui produzimos desde as fibras até as confecções. O setor reúne mais de 32 mil empresas, das quais mais de 80% são confecções de pequeno e médio porte, em todo o território nacional (ABIT 2013).

Assim como foi apurado pela ABIT (Associação Brasileira de Indústria Têxtil) o Brasil possui um número considerável de empreendimentos voltados para a indústria têxtil abrangendo todo o processo de produção.

Observa-se na figura 1 a evolução do empreendimento entre o ano de 2009 e 2013 em uma comparação com os números do estado de São Paulo em relação à capacidade em todo o território nacional.

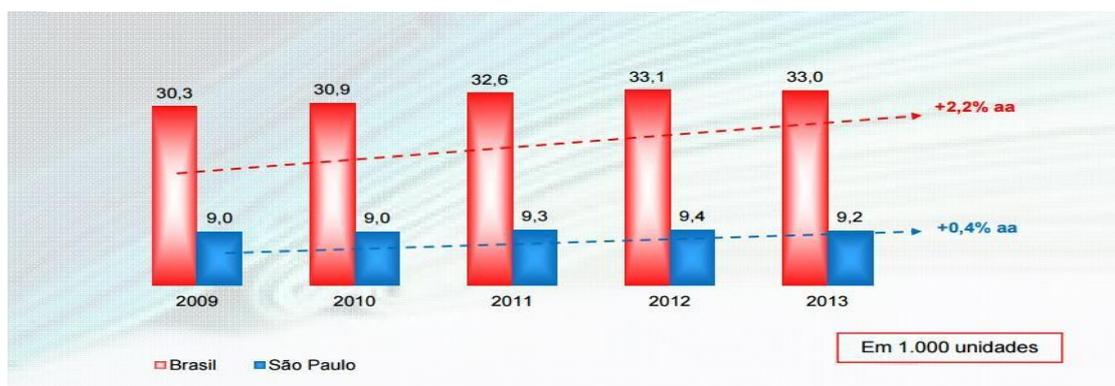


Figura 1 - Evolução de Indústrias Têxteis e Confecções.

Assim como apresentado no gráfico o estado de São Paulo contribui com boa parte da evolução dos empreendimentos têxteis.

Na verdade, São Paulo não só contribuiu para boa parte da evolução desse segmento para o país como também contém o maior número de empregos gerados nesse segmento como é mostrado no gráfico da figura 2.

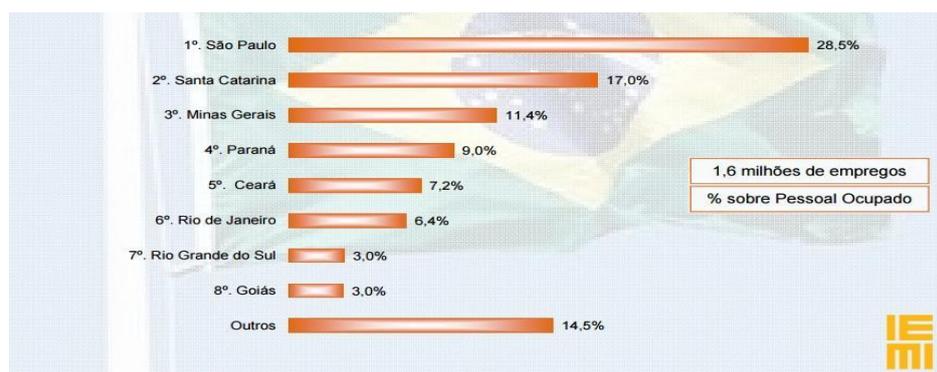


Figura 2 - Ranking da Cadeia Têxtil Brasileira

Segundo dados apresentados pela IEMI São Paulo é o principal empregador do setor têxtil do país contendo cerca de 28% das empresas desse segmento e 32% do pessoal ocupado pela cadeia têxtil brasileira no ano de 2013, 893 Indústrias de fios, tecidos e beneficiamento (30% do total Brasil), juntamente com outros 8.298 confeccionistas (28% do total), garantem ao Estado grande participação no montante do setor no país.

Esses dados são importantes para compreender o quadro geral desse segmento industrial em nosso país. A indústria têxtil gera muitos empregos no Brasil principalmente no estado de São Paulo, esse segmento industrial é estratégico do ponto de vista econômico do país.

A Frente Parlamentar vem trabalhando intensamente, e a palavra é essa, no sentido de legitimamente proteger a indústria de confecção e têxtil do nosso país porque ela é estratégica para o desenvolvimento do Brasil. (FONTANA 2013)

Para visualizar melhor onde estão situadas as indústrias têxteis no estado de São Paulo observa-se a tabela da figura 3 que nos mostra a distribuição dessas indústrias por regiões.

Polos	Têxteis e Confeccionados [2]			
	Empresas [1]	%	P. Ocupado	%
Grande São Paulo	4944	53,8%	254.211	49,5%
Americana	606	6,6%	45.098	8,8%
Região macro-metropolitana	373	4,1%	36.034	7,0%
Ibitinga	310	3,4%	28.379	5,5%
Campinas	405	4,4%	24.084	4,7%
Capivari	287	3,1%	12.395	2,4%
Itapetininga	115	1,3%	12.211	2,4%
São José do Rio Preto	172	1,9%	7.035	1,4
Bauru	81	0,9%	3.820	0,7%
Ribeirão Preto	62	0,7%	2.309	0,4%
São Manuel	9	0,1%	1.413	0,3%
Baixada Santista	46	0,5%	1.357	0,3%
Marília	32	0,3%	915	0,2%
Outras regiões	1.749	19,0%	84.549	16,5%
Total do Estado	9.191	100,0%	516.813	100,0%

[1] Não inclui oficinas de 1 a 4 funcionários

[2] Não inclui fibras de filamentos químicos

Tabela 1 - Principais polos produtores do estado de São Paulo

O principal ponto a ser ressaltado com os números apresentados nessa pesquisa a um primeiro momento é de mostrar que esse mercado é importante para o estado de São Paulo, o que permite deduzir que existe um mercado também para a engenharia, uma vez que a engenharia tem como objetivo não só de projetar como também melhorar o que já existe, estudando, pesquisando, reduzindo perdas e aumentando a qualidade do produto final, mantendo funcionando de maneira eficiente um mercado que é visado como estratégico para o

desenvolvimento econômico do país até mesmo na câmara dos deputados.

2. Afundamento de tensão

O afundamento de tensão “*voltage sag*” é definido como uma redução de curta duração no valor eficaz “*root mean square*” da tensão, normalmente ocasionado por curtos-circuitos, sobrecargas e por partida de grandes motores. O afundamento de tensão recebe bastante atenção devido ao nível de problemas que ele causa a diversos tipos de equipamentos como, computadores, equipamentos de controle de processos e também nos maquinários da indústria têxtil. Alguns equipamentos param quando o valor eficaz da tensão cai para menos de 90% por mais de um ou dois ciclos. Um afundamento de tensão pode não ser tão prejudicial para a indústria quanto uma interrupção de curta ou longa duração, mas normalmente as interrupções tem origem na rede de distribuição local, enquanto o afundamento de tensão pode ter ocorrido por um curto circuito a centenas de quilômetros do sistema de transmissão, de uma maneira geral afundamentos em sistemas de transmissão, devido á todo o sistema de operação e proteção presente, são resolvidos de maneira mais rápida do que no sistema de distribuição. (BOLLEN, 1999)

A figura 4 exibe uma queda de tensão em porcentagem do “*root mean square*” pelo tempo em ciclos representado o fenômeno do afundamento de tensão, o afundamento de tensão é caracterizado pelo tempo que o valor de tensão eficaz cai, é importante lembrar que esse é um fenômeno de curta duração, o tempo é o principal fator para caracterização desse distúrbio.

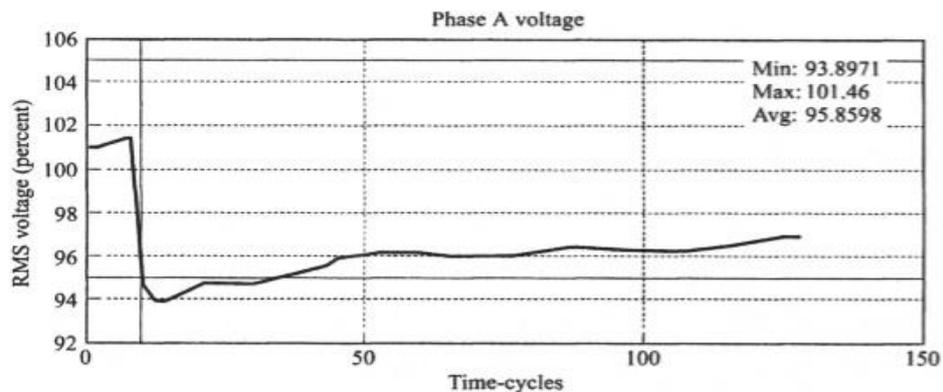


Figura 4 - Afundamento de tensão devido a um curto circuito

Existem diversas maneiras para determinar a intensidade de um afundamento de tensão, a maioria dos equipamentos de monitoramento obtém esse valor pelo “*root mean square*” da tensão. Existem diversas outras maneiras para obter esse valor, uma delas é pela magnitude da componente harmônica fundamental ou mesmo pelo valor de pico da tensão durante um ciclo completo ou meio ciclo.

As variações de tensão são classificadas pela norma PRODIST no modulo 8, onde nos é apresentado a tabela 4. A partir da tabela é possível identificar cada um dos distúrbios relacionado às variações de tensão, dentre eles é especificado que o afundamento de tensão é uma variação momentânea de tensão que dura de um ciclo a 3 segundos, o valor eficaz da tensão em relação à tensão de referência deve ser superior ou igual a 0,1 p.u e inferior a 0,9 p.u.

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual a três segundos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Momentâneo de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior a 1,1 p.u
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Temporário de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 p.u

Figura 5: Tabela demonstrativa, Prodlist 8, página 27.

Efeitos sobre o afundamento de tensão:

O afundamento de tensão acontece em um curto espaço de tempo e mesmo que seja em poucos segundos pode ocasionar diversos problemas a equipamentos eletrônicos, um exemplo comum entre esses problemas interfere com os semicondutores que previstos na norma SEMI F47-200 “Voltage Sag Immunity Standards”, que tem uma curva de suportabilidade que especifica a tolerância deste tipo de equipamento quando há um afundamento de tensão.

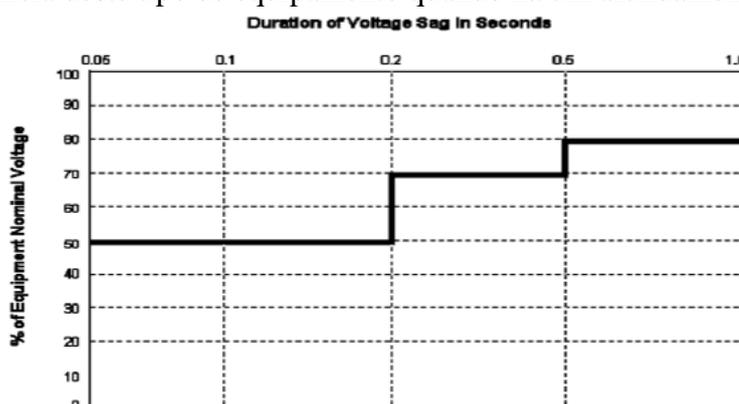


Figura 6: Curva de suportabilidade para equipamentos semicondutores

A figura 6 nos mostra a curva suportabilidade em semicondutores, analisando o gráfico podemos observar que temos no eixo das ordenadas o porcentual da tensão nominal e das abscissas, sua duração de segundos em um afundamento de tensão. Para que se tenha um bom funcionamento o equipamento deve funcionar acima da curva mostrada que atende à norma SEMI F47.

O afundamento de tensão varia de acordo com o PRODIST, que de ciclo 1 a 3 segundos
Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

com uma tensão de 10% a 90% abaixo do valor nominal, o que nos deixa claro de que equipamentos semicondutores não estão totalmente protegidos do afundamento de tensão.

Os problemas causados pelo afundamento de tensão se estendem aos microprocessadores em CLPs e acionadores de velocidade variável (AVVs), ocasionando paradas que podem comprometer todo o processo ou não. No desenvolvimento de CLPs e AVVs existe uma variedade de modelos e fabricantes, e isso acaba trazendo uma dificuldade a mais para estabelecer um padrão de comportamento para cada um deles diante ao afundamento de tensão, mas podemos estabelecer faixas de sensibilidades como podemos observar na imagem 7.

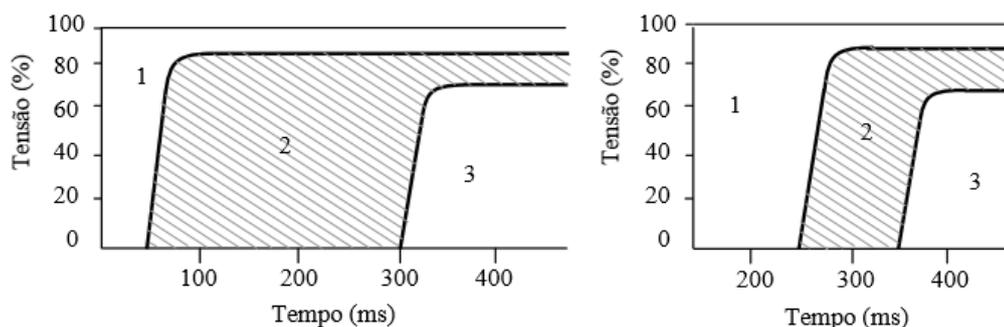


Figura 7: Faixas de Sensibilidade dos AVVs e CLPs

Área 1º equipamento não apresenta sensibilidade aos afundamentos de tensão com estas características.

Área 2º equipamento que podem apresentar problemas devido aos afundamentos de tensão com estas características, dependendo do modelo ou fabricante.

Área 3º equipamento que apresenta problema devido ao afundamento de tensão com estas características, independente do modelo ou fabricante.

Assim que observamos a curva de sensibilidade dos CLPs podemos constatar que ele é vulnerável a afundamentos de tensão mais longos, contando que o mesmo apresente problemas de operação antes de um segundo.

Não só os semicondutores como as CLPs e acionadores de velocidade variável sofrem mau funcionamento pelo afundamento de tensão, sistemas computacionais também tem sensibilidade com o afundamento de tensão, e assim como os demais equipamentos já citados possui a curva de sensibilidade.

Área de vulnerabilidade

Esta área basicamente estipula qual a probabilidade de que a carga esteja sujeita ao afundamento de tensão de determinada amplitude. Que é estipulado apenas para o consumidor específico e para um afundamento de tensão limite, que se define através do tipo da carga que existe com os consumidores. Assim após analisar as cargas e sua sensibilidade torna se possível determinar o valor de tensão de afundamento se tornando vulnerável, e define a área como vulnerabilidade do sistema.

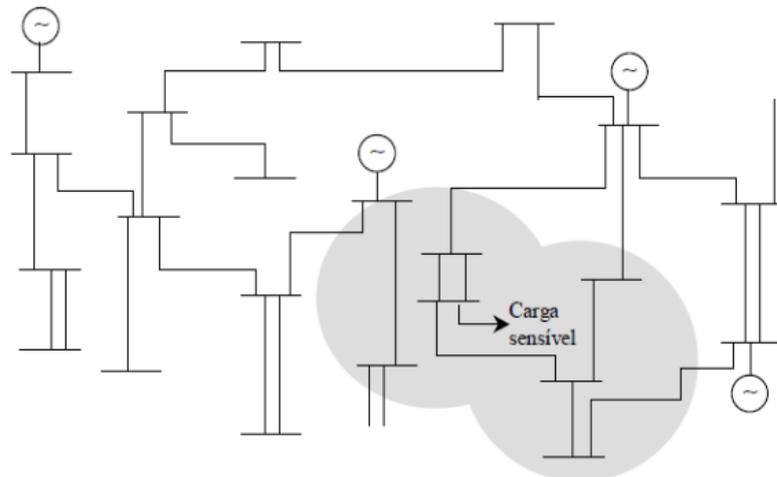


Figura 9 – Área de vulnerabilidade definida para uma carga específica

Impacto econômico do afundamento de tensão na indústria têxtil

Para este trabalho foi feito um estudo em uma fábrica de meias que é localizado em Penápolis – SP, com o nome Kanxa, utilizando os dados obtidos para aprofundar o estudo sobre o afundamento de tensão na indústria têxtil.

Depois que o afundamento de tensão acontece em uma indústria têxtil, os funcionários vão precisar limpar e depois reiniciar a linha de produção, o que pode demorar alguns minutos, e dependendo do tamanho da fábrica isso pode demorar mais (CANGUÇU, 2006).

Empresa Fornecedora de Energia:	CPFL
Nome da empresa:	Kanxa
Ano de implantação da planta:	2005
Tensão de fornecimento:	12 000V
Consumo médio mensal ou anual:	20985,90 R\$
Demanda máxima:	N/A
Capacidade de produção:	1000 meias por dia
Potência instalada:	11900W
Quais são os maiores responsáveis pelas perdas na produção?	Queda de energia
Número de máquinas e modelo:	56 Lunati G54JL – G54
Possui CLPs, relés de controle, contadores, motores?	Contadores.
Qual percentual do processo é paralisado por falhas de curta duração?	80% por falhas elétricas de curta duração.
Há possibilidade de estoques intermediários preventivos para não paralisar toda a produção por causa de um setor parado por mais tempo?	O setor de acabamento possui um estoque de dois dias de diferença da produção do maquinário.

Tabela 3 – Dados obtidos na indústria analisada

A fábrica Kanxa atualmente funciona de segunda a sexta durante todos os turnos, para evitar o custo de partida do maquinário. Dos equipamentos mais sensíveis ao afundamento de tensão atualmente a fábrica só possui contadores, que vão ser abordados depois.

No caso da fábrica que foi adquirido os dados, onde é dito que cerca de 80% do processo é parado durante falhas de curta duração, acontecem dois tipos de problemas. O primeiro é que com os afundamentos de tensão, as agulhas do maquinário têxtil podem quebrar o que leva a uma parada de 40 minutos até 2 horas, cada uma das máquinas trabalha com 120 agulhas. No segundo, quando o afundamento acaba apagando a programação interna do CI, a máquina fica

em torno de 1 a 2 dias parados, o que leva a um custo de 2 até 12 mil reais, incluindo custo da manutenção e o prejuízo pelo maquinário parado. Quando acontece quebra de agulhas é difícil dimensionar a quantidade que se quebra por falha, mas segundo os funcionários fica em torno de 10 a 200 agulhas quebradas por vez, cada uma dessas agulhas custa 69 centavos.

Como a fábrica em questão possui um estoque, mesmo que aconteça uma falha elétrica e todas as máquinas de meias sofram com o distúrbio, ainda assim é evitado um prejuízo completo, já que durante o tempo de parada o reservatório da fábrica teria matéria para manter a produção por 2 dias, apenas alimentando o setor de acabamento, o que já é o suficiente para manter a finalização do produto funcionando.

Procedimento para mitigação dos problemas de afundamento de tensão em uma indústria têxtil

Neste tópico iremos tratar sobre os modos mais utilizados e viáveis para mitigar os impactos causados pelo afundamento de tensão na indústria têxtil.

Considerações iniciais

Inicialmente é importante reduzir as falhas de curto-circuito em seu sistema que não reduz somente a frequência de desvio, mas também a frequência de interrupções mantidas. Assim trazendo uma maneira mais eficaz de melhorar a qualidade do fornecimento. Mas a solução deste problema pode ser mais complexa do que a solução comentada, o curto-circuito não leva somente a queda de tensão ou a interrupção na interface do cliente, mas pode também causar danos aos equipamentos e planta utilizada. Assim a maioria dos utilitários já terá reduzido a frequência de falhas na medida em que seja economicamente viável.

Através da automatização dos processos de grande unidade em diversos países como a Ásia, que diminui o seu lucro em complexos químicos têxteis, tornando complicado pensar em uma saída por conta dos altos custos para que se consiga diminuir os impactos causados pelo afundamento de tensão.

Como faltam opções no mercado em relações a soluções de problemas voltados a qualidade de energia e a dificuldade financeira se tornam necessário encontrar métodos alternativos para solucionar os problemas de afundamento de tensão no âmbito industrial têxtil.

Assim à medida que o estudo foi sendo desenvolvido com medições de campo, relatos de operadores que são responsáveis pela manutenção e através de anotações de produção, tornou possível apurar melhor as paradas momentâneas e por fim vislumbrar saídas para o problema.

O procedimento encontrado pode ser aplicado e pode ser usado não só em indústria têxtil. Este procedimento que apresenta de maneira geral o modo para que todos possam utilizá-lo, em seu passo a passo a fim de encontrar a solução ou a origem deste tipo de problema.

Procedimento adotado

O objetivo a ser apresentado mostra um caminho para identificar a origem ou a causa do afundamento de tensão, em um processo produtivo de certa empresa que apresente as interrupções associadas ao distúrbio em questão.

Para que se minimizem os problemas adote os seguintes paços:

- I. Fazer um levantamento da planta industrial e observar pontos que podem trazer uma parada no processo, e verificar alguma irregularidade sejam por mau funcionamento de equipamentos a desvios na instalação nas malhas de controle.
- II. Identifique os equipamentos que compõe a indústria aqueles que são sensíveis ao afundamento de tensão, como os CLPs motores de velocidade variáveis, contadores e equipamentos semicondutores. Nesse passo deve-se encontrar alguns itens que são sensíveis ao afundamento de tensão, assim que identificado que a parada é pelo mau funcionamento do equipamento a melhor solução é instalar um analisador de qualidade de energia para que se verifique se a realmente o afundamento de tensão e suas características
- III. Assim que é obtido o resultado junto aos responsáveis da manutenção e produção, para que se analise as particularidades do processo e assim se estipula o valor crítico da unidade fabril e quais os equipamentos que apresentam falhas diante ao distúrbio.
- IV. Avalie o histórico de paradas e manutenção: verificando os históricos de manutenção e de paradas, tendo como objetivo identificar os equipamentos mais sensíveis ao afundamento de tensão e ações de manutenção que possa acarretar em um distúrbio.
- V. Verifique os equipamentos mais utilizados na indústria que atendem pelos parâmetros do processo, e também as especificações do para que se melhore os padrões implementados.
- VI. Proponha soluções a fim de minimizar os impactos pelo distúrbio, e uma análise do custo e benefício para que se tenha a solução mais viável.

Aplicação do procedimento

O passo a passo anterior apresentou resultados satisfatórios em relação aos problemas relacionados a paradas momentâneas pelos seus resultados, assim foi possível pensar na melhor maneira de resolver as paradas momentâneas.

Em seu primeiro passo podemos observar que as máquinas são energizadas individualmente e ligadas a um painel, são acionadas individualmente e todas elas dependem do sistema de alimentação de ar comprimido que é abastecido por um compressor.

Assim que foi levantado os dados da planta e do processo foi possível identificar os equipamentos que eram mais sensíveis ao afundamento de tensão, entre eles contadores.

Depois de conversar com os colaboradores e analisar os históricos de paradas foi possível encontrar a principal fonte deste problema no processo de produção, através da discussão constatou-se que a quebra de agulha na máquina e também problemas de funcionamento relacionados a placa presente no painel de acionamento, e também comandos da máquina que são a fontes das paradas momentâneas em algum dos processos. Pela quebra das agulhas pode se acarretar paradas de até 40 minutos enquanto aos danos causados na placa do painel de acionamento podem chegar da 1 a 2 dias e custar de 2 até 12 mil reais.

O mau funcionamento da placa no painel de comandos da máquina de meia tem origem na queda momentânea de tensão, o próximo passo seria utilizar o analisador de qualidade de energia para se encontrar resultados mais precisos quanto a estimativa para assim verificar se realmente o afundamento de tensão é o responsável pelo mau funcionamento das placas.

Análise econômica dos métodos de mitigação

Antes que se invista em equipamentos para a mitigação dos efeitos sobre o afundamento de tensão é necessário que se analise o custo benefício dos equipamentos que vão ser implementados. Segundo (DIDDEN 2001) é possível saber se é realmente economicamente viável o investimento previsto.

Pelo investimento em equipamentos com a intenção de mitigar os problemas, o melhor a se fazer é analisar o custo benefício através do método de valor presente de volume (NPV) (DIDDEN 2001).

Usando o método NPV você consegue obter o custo por KVA, esse método de análise é feito da seguinte forma:

$$NPV = (f \cdot Csag - Cmnt) \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} - Cinv$$

Sendo:

f → Número de falhas por ano no qual o total de NPV será 0;

Csag → Custo de falha por afundamento por kVA;

Cmnt → custo de manutenção por kVA por ano,

i → fator de desconto;

n → tempo projetado em anos;

Cinv → investimento inicial por kVA;

Pelas perdas ocasionadas das interrupções no processo e o custo de manutenção podem ser expressas como percentagem anual do custo adquirido, sendo possível obter esse custo com a equação:

$$Cmnt = Pmnt \cdot Cinv$$

Sendo Pmnt o custo de apoio a manutenção.

Após analisar as variáveis na equação 1 é possível observar que a variável f que simboliza o número dos afundamentos a partir da aquisição do equipamento de mitigação justifica economicamente sua aquisição.

Através da aquisição do equipamento é justificado quando o valor de NPV é positivo, caso contrário, se resultar em negativo, ou seja, quando f for 0 (zero mitigação) a implantação do equipamento de mitigação é inviável.

Agora vamos mostrar em quais pontos do processo podemos aplicar essas soluções é importante analisar a figura 10:

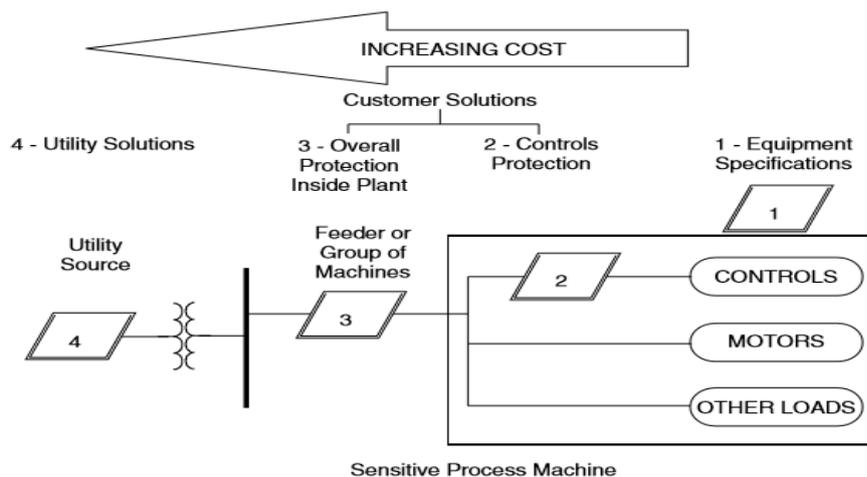


Figura 10 - Sugestão do método de mitigação

A figura 10 demonstra os pontos onde se torna possível aplicar a solução nesses casos, assim que se interpreta a imagem pode chegar à conclusão de que quanto mais perto do barramento de alimentação mais cara a solução a ser implantada.

Em muitas vezes uma parte grande da instalação é crítica ou precisa de proteção, se tornando razoável considerar a proteção de muitos grupos de cargas em um local conveniente (geralmente na entrada do serviço) (Dungan).

Após a essa análise se entende que o mais recomendável seria implementar a proteção interna total, uma vez que ela faz uso de contatores em boa parte do processo e o maquinário apresenta sensibilidade a quedas de tensões momentâneas.

A tabela 5 mostra os custos estimados para mitigar os impactos causados pelos afundamento de tensão aplicando a proteção total interna da fábrica.

Area de mitigação	Custo de investimento inicial por kVA por grandes cargas	Custo de manutenção e interrupção
Proteção das instalações (2 - 10 MVA)		
UPS (Suprimento de energia sem interrupção)	\$500	15%
Flywheel (Volante de medição)	\$500	5%
DVR (50% de aumento de tensão)	\$300	5%
Static switch (10 MVA)	\$600	5%
Fast transfer switch(10MVA)	\$150	5%

Tabela 5 – Estimativa de custo dos equipamentos de mitigação

Através da tabela 5 podemos analisar os equipamentos que tem necessidade para mitigar os seus impactos pelo afundamento de tensão. É importante ressaltar que o objetivo é reduzir o número de paradas momentâneas, uma vez que a empresa perde muito dinheiro com esse problema, sendo assim uma análise mais detalhada dos equipamentos de mitigação deve ser feita.

UPS (Suprimento de energia sem interrupção)

UPS é um suprimento alternativo de energia, ou seja, um banco de baterias que é acionado quando se tem uma queda de tensão.

Através da energia de linha normal é utilizado para alimentar o equipamento até que uma perturbação seja detectada e através de um interruptor transfira a carga para o inversor com bateria. (Dungan)

O tempo de transferência da fonte de alimentação geralmente para o inversor com respaldo de bateria segundo a curva BBEMA é de 8ms amenizando os efeitos de afundamento de tensão mais duradouros. Agora o seu princípio de funcionamento pode ser visualizado na figura 11.

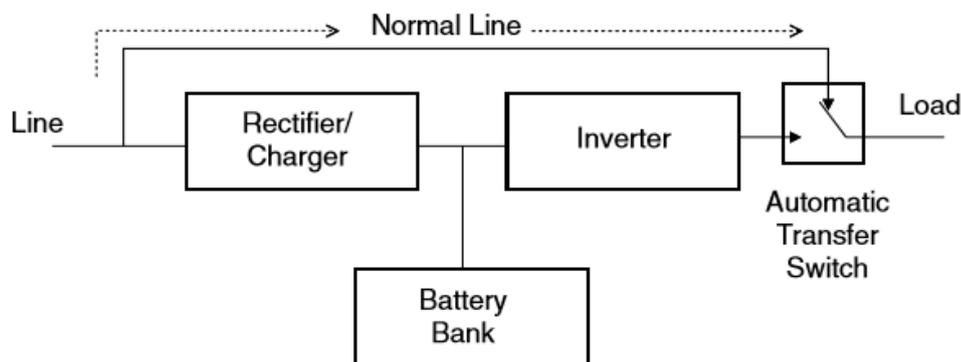


Figura 11 - Configuração de um banco de baterias com acionador automático

Assim que analisamos os componentes do diagrama da imagem 11 podemos notar a presença de um acionador automático logo após o inversor, este item é o responsável pelo chaveamento do banco de baterias.

Existe uma variedade de configurações para este mesmo equipamento, algumas sendo possível configurar a regulação da tensão como podemos observar na imagem 12.

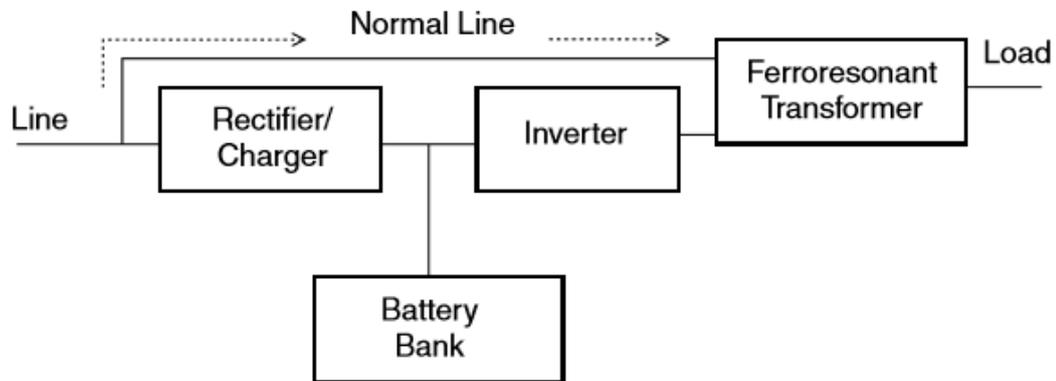


Figura 12 - Configuração de um banco de baterias com regulação de tensão

Por esse diagrama podemos notar que no lugar de um acionador automático foi colocado um transformador ferro ressonante, este permite a regulação da tensão o que seria mais adequado neste caso.

3. Conclusão

Aprimorar o processo de uma indústria têxtil é essencial para que a empresa possa competir no mercado, investir em equipamentos que possam aprimorar o processo leva tempo e exige muito preparo por parte da empresa uma vez que o investimento é alto para casos como o que foi estudado.

Considerando a realidade da indústria analisada é possível concluir que o custo por parada momentânea é alto, porém diversos fatores contribuem para essas paradas. Para de fato diminuir os impactos é antes necessária uma análise de qualidade de energia, para identificar com mais clareza quais os distúrbios elétricos a planta industrial em questão está exposta, os resultados atingidos com este trabalho foram feitos com um número limitado de informações sobre a indústria, para que possa haver um maior número de soluções que podem ser implantadas nesse caso, é necessário antes um levantamento de pelo menos um ano de histórico das paradas de cada máquina, levantar qual problema gera mais paradas momentâneas na planta e também quais dos equipamentos que são vulneráveis ao afundamento de tensão estão envolvidos nessas falhas.

Aplicando os métodos abordados nesse trabalho, foi possível encontrar pontos de vulnerabilidade no processo que acarretam em paradas momentâneas, estima-se que a instalação de restauradores de voltagem dinâmicos possa amenizar um dos problemas que ocasionam essas paradas, porém, para que a empresa possa investir nesse tipo de equipamento um planejamento maior deve ser feito envolvendo seus dados e aplicando método do valor presente de volume (NPV) e fazendo uma análise de qualidade de energia na planta.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional-PRODIST 8, Revisão nº8, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA TÊXTIL. Indústria Têxtil e de Confeção Brasileira, Brasília, 2013.

Bollen, M. H. J. “Understanding Power Quality Problems - Voltage Sags and Interruptions”, IEEE Press Series on Power Engineering, 1999, New York.

DECKMANN, Sigmar Mauren; POMILIO, José Antenor. “**Avaliação da Qualidade de Energia Elétrica**”. UNICAMP, São Paulo, 2017.

DUGAN, Roger C. et al. “**Electrical Power Systems Quality**”. 2. ed. USA: McGrawHill, 2002

IEMI- INTELIGÊNCIA DE MERCADO. São Paulo Têxtil 2014 Relatório Setorial da Indústria Têxtil e Confeção no Estado de São Paulo, São Paulo 2014.

MARTINS, Júlio S.; COUTO, Carlos; AFONSO, João Luiz. “Qualidade de energia eléctrica”. 3º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Moçambique, 2003.

ELPHICK, Sean T.; CIUFO, Philip; SMITH, Victor W.; Perera, Sarath. “**Summary of the economic impacts of power quality on consumers**”. University of Wollongong, Australia, 2015

LINEWEBER, David; MCNULTY, Shawn. "The Cost of Power Disturbances to Industrial & Digital Economy Companies", EPRI's Consortium for Electric Infrastructure for a Digital Society (CEIDS), 2001.

Figura 1 - Evolução de Indústrias Têxteis e Confeções.

Disponível em: http://www.abit.org.br/conteudo/links/apresentacoes/app_estudo-setorial.pdf

Figura 2 - Ranking da Cadeia Têxtil Brasileira

Disponível em: http://www.abit.org.br/conteudo/links/apresentacoes/app_estudo-setorial.pdf

Figura 3 - Principais polos produtores do estado de São Paulo

Disponível em: http://www.abit.org.br/conteudo/links/apresentacoes/app_estudo-setorial.pdf

Figura 4 - Afundamento de tensão devido a um curto circuito

Disponível em: BOLLEN, Math H. J. Understanding power quality problems: Voltage sags and interruptions. 1.ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1999. p.140

Figura 5: Tabela demonstrativa, Prodist 8, página 27.

Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/modulo8_revisao_1_retificacao_1.pdf

Figura 6: Curva de suportabilidade para equipamentos semicondutores

Disponível em:

https://www.pge.com/includes/docs/pdfs/about/news/outagestatus/powerquality/power_quality_bulletin-issue_no.3-volt_sagImm_std-8-10-07.pdf

Figura 7: Faixas de Sensibilidade dos AVVs e CLPs

Disponível em: <http://www.ppgee.pucminas.br/gerquali/publicacoes/viviane/DissertViReis.pdf>

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

Figura 8: curva ITIC de sensibilidade para sistemas computacionais.
Disponível em: <http://www.fourier.com.br/qualidade-de-energia.html>

Figura 9: Área de vulnerabilidade definida para uma carga específica
Disponível em: DUGAN, Roger C. et al. *Electrical Power Systems Quality*. 2. ed. USA: McGrawHill, 2002, p. 48-49.

Figura 10: Sugestão do método de mitigação
Disponível em: DUGAN, Roger C. et al. *“Electrical Power Systems Quality”*. 2. ed. USA: McGrawHill, 2002, p. 59

Figura 11: Configuração de um banco de baterias com acionador automático
Disponível em: DUGAN, Roger C. et al. *“Electrical Power Systems Quality”*. 2. ed. USA: McGrawHill, 2002, p. 67

Figura 12: Configuração de um banco de baterias com regulação de tensão
Disponível em: DUGAN, Roger C. et al. *“Electrical Power Systems Quality”*. 2. ed. USA: McGrawHill, 2002, p. 67

Figura 13: Configuração de um flywheel
Disponível em: DUGAN, Roger C. et al. *“Electrical Power Systems Quality”*. 2. ed. USA: McGrawHill, 2002, p. 68

Estudo do Efeito Corona em Linhas Aéreas de Transmissão

Bruno Costa dos Santos¹
Geovanni dos Santos Pereira¹
Guilherme Francisco Honório¹
Mateus de Oliveira Honório¹
Giuliano Pierre Estevam²

Resumo

O presente trabalho apresenta um estudo sobre o efeito corona, um fenômeno que ocorre nas linhas de transmissão de energia. Um grande problema enfrentado pelas distribuidoras de energia elétrica, denominado efeito corona, também conhecido como “fogo de Santelmo”. Neste trabalho apresenta-se um gradiente de potencial na superfície do condutor, nível de ruído audível e radio interferência principais aspectos abordados nesse trabalho. O campo elétrico formado na superfície do condutor ioniza o ar, em outras palavras, o valor do gradiente de potencial do condutor excede o valor do gradiente crítico disruptivo do ar causando a ocorrência de descargas elétrica. Este efeito pode ser observado visualmente, contudo provoca perdas elétricas, poluição sonora ambiental e interferências nas linhas de comunicação.

Palavras-chave: Transmissão. Efeito. Perdas. Condutor. Energia.

Abstract

The present work presents a study on the corona effect, a phenomenon that occurs in the transmission lines of energy. A major problem faced by electric power distributors, called the corona effect, also known as "fire of Santelmo". In this work we present a potential gradient on the driver's surface, audible noise level and radio interference main aspects addressed in this work. The electric field formed on the conductor surface ionizes the air, in other words, the value of the conductor potential gradient exceeds the value of the critical disruptive gradient of the air causing the occurrence of electric discharges. This effect can be observed visually, however it causes electrical losses, environmental noise pollution and interferences in the lines of communication.

Keywords: Transmission. It is made. Losses. Conductor. Energy.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o surgimento da primeira linha de transmissão foi registrado por volta de 1883, no município de Diamantina em Minas Gerais. Esta linha tinha aproximadamente 2 km. A população brasileira nessa época era estimada em pouco mais de 14 milhões de pessoas.

Ao analisarem o desenvolvimento do país, economistas e especialistas buscam analisar principalmente a demanda per capita de energia elétrica consumida e no seu crescimento. Ao perceber o crescimento, são obrigados a expandirem suas linhas de transmissão de energia. Um déficit energético representa um grandioso freio no desenvolvimento econômico-social de um país. O sistema de distribuição de energia elétrica, cujo seu fornecimento é considerado um serviço público, ou seja, onde a população pode usufruir dos bens oferecidos pela energia elétrica é, portanto, sujeito ao regime de concessão por parte dos poderes públicos, limita-se em regimes de exclusividade em cada região do país, sendo que na maioria dos países, sob uma fiscalização um tanto severa, quando não parcial ou integral aos cuidados dos poderes públicos. [GLASSICO]

Entretanto, com o aumento absurdo do nível de tensão das linhas de transmissão, se tem conseqüentemente, a preocupação com os efeitos eletromagnéticos produzidos

pelas linhas de transmissão. Esses efeitos dos campos elétricos e magnéticos, bem com surgimento do efeito corona, e suas consequências, entre outros efeitos oriundos da transmissão da energia, tem sido motivo e objeto de estudos cada vez mais rigorosos por conta das exigências ambientais, e a necessidade de se transmitir uma energia limpa e de qualidade aos consumidores.

Na geração, distribuição e transmissão de energia elétrica, selecionar o tipo e dimensão do condutor que melhor se encaixa nos padrões exigidos pelas normas nas linhas de transmissões, requer um estudo das características de tipos disponíveis de condutores. Essa seleção e desenvolvimento dos condutores para as linhas de transmissão aéreas e distribuição vêm se tornando um desafio extremamente constante para os aspectos técnicos e econômicos. Além das características mecânicas, aspectos elétricos da corona do condutor utilizado em determinada linha de transmissão são fundamentais, mesmo em níveis de tensões baixas, devido ao uso de estruturas compactas nas regiões urbanas. [FUCHS,1977]

Em março de 2010, mediante a NR 398 da ANEEL (ANEEL, 2010), a Lei nº 11.934, passou a regulamentar os limites de tolerância a exposição humana aos campos elétricos e magnéticos, produzidos pelas linhas. Para ruídos audíveis e radio interferência, vem por limitar os respectivos valores permitidos oriundos das linhas de transmissão de energia.

Mediante tal situação, os projetores devem estar atentos aos valores eletromagnéticos de segurança oriundos das linhas aéreas de transmissão.

A faixa de segurança das linhas de transmissão é normalmente caracterizada como um local com limitações. Essa faixa de segurança é chamada muito das vezes de servidão ou domínio. A faixa de domínio se caracteriza pela aquisição da concessionária ou pelo proprietário da linha, da área de terra onde a linha de se localiza.

A Norma NBR 5422 expõe as condições básicas e necessárias para o projeto das linhas aéreas, incluindo largura da faixa de segurança, entre outras necessidades, levando sempre em conta o balanço dos cabos, devido à ação do vento.

Portanto, este trabalho tem por intuito entender os efeitos oriundos do efeito corona, como se determinar o gradiente de potencial nas superfícies dos condutores, ruídos audíveis, radio interferência, e suas perdas de energia.

Na maioria das revisões bibliográficas encontradas para o levantamento do estudo propriamente dito, são analisados separadamente. Sendo assim, esse estudo analisa-os juntamente, a fim de obter um melhor entendimento nas projeções e seus efeitos das linhas de transmissão.

EFEITO CORONA

Efeito Corona é a formação de descargas em torno de um elemento energizado, como consequência da sollicitação dielétrica do ar, a gradientes superiores a um valor crítico, sendo que para o ar, este valor está em torno de 30 KV/cm.

Descargas elétricas em gases são geralmente iniciadas por um campo elétrico que acelera elétrons livres aí existentes. Quando esses elétrons adquirem energia suficiente do campo elétrico, podem produzir novos elétrons por choque com outros átomos. É o processo de ionização por impacto. Durante a sua aceleração no campo elétrico, cada elétron livre colide com átomos de oxigênio, nitrogênio e outros gases presentes, perdendo, nessa colisão, parte de sua energia cinética. Ocasionalmente um elétron pode atingir um átomo com força suficiente, de forma a excita-lo. Nessas condições, o átomo atingido passa a um estado de energia mais elevado. O estado orbital de um ou mais elétrons muda e o elétron que colidiu com o átomo perde parte de sua energia, para criar esse estado. Posteriormente, o átomo atingido pode reverter ao seu estado inicial, liberando o excesso de energia em forma de calor, luz, energia acústica e radiações eletromagnéticas. Um elétron pode igualmente colidir com um íon positivo, convertendo-o em átomo neutro. Esse processo, denominado recombinação, também libera excesso de energia. [FUCHS,1977].

Toda a energia liberada ou irradiada deve provir do campo elétrico da linha, portanto, do sistema alimentador, para o qual representa perda de energia, por conseguinte, prejuízo. Essas perdas e suas consequências econômicas tem sido objeto de pesquisas e estudos há mais de meio século, não obstante, só recentemente se alcançaram meios que permitem determinar, com razoável segurança, qual o desempenho que se poderá esperar para as diversas soluções possíveis para uma linha de transmissão, no que diz respeito a essas perdas. De um modo geral, elas se relacionam com a geometria dos condutores, tensões de operação, gradientes de potencial nas superfícies dos condutores e, principalmente, com as condições meteorológicas locais. Constatou-se, por exemplo, que as perdas por corona em linhas em tensões extra-elevadas podem variar de alguns quilowatts por quilometro até algumas centenas de quilowatts por quilometro, sob condições adversas de chuva ou garoa. As perdas médias, como se verificou, podem constituir apenas pequenas partes das perdas por efeito joule, porém as perdas máximas podem ter influência significativa nas demandas dos sistemas, pois a capacidade geradora para atender a essa demanda adicional deverá ser prevista ou a diferença de energia importada. [FUCHS,1977]

Efeito Corona em Linhas Aéreas de Transmissão

O efeito corona aparece na superfície dos condutores de uma linha aérea de transmissão quando o valor gradiente do potencial existente excede o valor do gradiente crítico disruptivo do ar. Em um campo elétrico uniforme, entre dois eletrodos planos paralelos no ar, uma série de condições controlam essa tensão disruptiva, como a pressão do ar, a presença do vapor d'água, a tensão aplicada e a fotoionização. Um campo não uniforme em torno de um condutor, pode ser contaminadora, como por exemplo, transforma-se em fonte pontual de descargas. [LEÃO,1979]

Descargas elétricas em gases são ocorridas por um campo elétrico que por sua vez acelera os elétrons aí existentes. Quando os elétrons adquirem energia suficiente do campo elétrico, podem criar novos elétrons por contato com outros átomos. É o processo de ionização por impacto. Durante essa aceleração no campo elétrico, cada elétron livre colide com os átomos de oxigênio, nitrogênio e mais alguns gases presentes, perdendo, nesse momento uma parte da sua energia cinética. De modo, um elétron pode atingir um átomo com força suficiente e excitar-se. Devido essas condições o átomo atingido passa um estado de energia para um estado mais alto. O estado orbital de um ou mais elétrons muda e o elétron que colidiu com o átomo perde metade da sua energia para criar esse estado. De modo, o átomo atingido pode inverter seu estado, liberando o excesso de energia em forma de calor e luz, radiações eletromagnéticas. [FUCHS,1977]

A energia liberada deve vir de um campo elétrico da linha, para qual representa perda de energia.

São essas perdas e prejuízos que tem sido o motivo da realização de pesquisas e estudos há mais de meio século.

De um modo geral essas perdas estão relacionadas diretamente com a geometria dos condutores, as tensões aplicadas, aos gradientes de potencial e principalmente as condições do tempo local.

Constatou-se que as perdas por Corona nas linhas de tensões extra elevadas variam alguns quilowatts por quilometro, sob chuva ou garoa.

Tanto as perdas com o tempo considerado bom, quanto sob chuva vão variar conforme o gradiente de potencial nas extremidades dos condutores.

As perdas sob chuva não dependem só do índice de precipitações, mais também do número de gotículas d'água que vão conseguir aderir na superfície dos condutores.

Esse número é bem maior nos condutores mais novos por aderirem mais gotículas de água do que os condutores mais velhos.

As linhas aéreas de transmissão de energia elétrica têm sido consideradas como causadoras do impacto visual no meio ambiente em que são construídas. Uma poluição visual que os conservadores, especialistas, arquitetos e urbanistas vem combatendo há muito tempo. As transmissões de energias caracterizadas de tensões extra elevadas enfatizaram dois tipos de perturbação do meio provocados pelo Efeito Corona, sendo elas consideradas também como caráter de poluição: a radio interferência (RI) e o ruído estático (RE). [CHIPMAN,1979]

Descargas individuais de Corona provocam pulsos de tensões e corrente de duração um tanto curta que se propagam ao longo das linhas, resultando nos campos eletromagnéticos em suas imediações. Essas descargas ocorrem em semiciclos de tensão aplicada, porém aquelas que ocorrem durante os semiciclos positivos, são as que irradiam ruídos capazes de interferir na rádio recepção nas frequências das transmissões em amplitude modulada (AM). Eflúvios de Corona também se ocorre por outros componentes da linha, por exemplo, ferragens e isoladores, de modo que a intensidade dos ruídos produzidos é muito inferior aos produzidos nos condutores. Ferragens com defeito, pinos mal ajustados ou soltos podem gerar pulsos eletromagnéticos. [CHIPMAN,1979]

A produção desses ruídos interfere diretamente com os direitos individuais da vizinhança das linhas aéreas, certa vez que os ruídos podem-se propagar além das faixas de servidão das linhas. Ainda não se conseguiu projetar economicamente uma linha de transmissão aérea em tensões acima de 100 [kV] e que não produza radio interferência. Alguns critérios para a construção dessas linhas, seguidos de uma forma bem severa, consegue-se obter um sistema que resulte pelo menos em níveis aceitáveis de perturbação. Estudar o comportamento das linhas que se refere a RI é um tanto quanto complicado em virtude dos inúmeros fatores que afetam seu comportamento, na qual muitos dos quais ainda são indefinidos e nem mesmo completamente entendidos, de forma que os resultados dos seus efeitos são considerados por método de estatísticas.

Nos estudos e projetos de pesquisas sobre o *Corona* em tensões elevadas ou extra elevadas, verificou-se que outra manifestação não pode ser desconsiderada em tensões acima de 500 [kV] ou tensões mais elevadas do caráter de poluição ambiental. É a poluição acústica causada pelo ruído característico, provocado pelos eflusivos do Corona. Esse aspecto também vem merecendo crescente atenção no dimensionamento das linhas, a fim de que o grau de perturbação seja mantido nos níveis aceitáveis. Esses

estudos mostram que os ruídos auditivos são função dos máximos gradientes de potencial na superfície dos condutores. [LEÃO,1979]

Dessa forma, pode-se concluir que para as linhas de transmissão em tensões extra elevadas, o dimensionamento econômico das mesmas é diretamente relacionado com o gradiente de potencial máximo admissível na superfície dos condutores das linhas aéreas de transmissão. Com o tempo, vem se fazendo pesquisas com o intuito de se descobrir novos métodos para a redução da RI e dos RA, como a colocação de espinas ao longo dos condutores ou seu envolvimento em capas de Neoprene. A criação de subcondutores em forma de polígono irregular também vem sendo estudada como meio de se reduzir os gradientes de potencial e é a alternativa que se parece mais promissora.

Efeito Corona Visual

Um dos maiores contribuidores sobre o Efeito Corona foi F.W.Peek, que trabalhando em laboratórios nas décadas de 1910 e 1930, com os poucos recursos da época, conseguiu estabelecer algumas bases para o melhor desenvolvimento dos condutores das linhas de transmissão, diante o fenômeno do *Corona*. Sabe-se que o gradiente crítico disruptivo do ar atmosférico E_0 é da ordem de 30,5 KV/cm na atmosfera-padrão de 20°C e pressão barométrica de 760 mm de Hg. Para corrente alternada, o valor eficaz do gradiente disruptivo do ar é igual a $E = 21,6$ KV/cm.

Segundo Peek, verificou-se experimentalmente que o fenômeno das descargas de Corona se inicia com valores de gradientes mais elevados nas superfícies dos condutores, quando se inicia as manifestações luminosas. Esse valor crítico de gradiente se denominou *gradiente crítico visual*. O condutor atinge o gradiente crítico visualmente quando o gradiente crítico disruptivo do ar ultrapassa uma determinada distância do condutor, que é necessário para que se acumule uma energia suficiente para desencadear o processo. Essa distância denominou-se *distancia de energia*, que é igual a $0,301/\sqrt{r}$ [cm] em atmosfera padrão.

Radio Interferência

Graças a irregularidades nas superfícies dos condutores, os eflúvios pontuais ocasionam pulsos de corrente ao longo das linhas de transmissão, formando assim campos eletromagnéticos que se difundem lateralmente, sendo detectados por receptores de rádio AM, principalmente em transmissões de ondas médias (500 e 1600 kHz).

Os sinais dos rádios receptores são prejudicados por ruídos provenientes da radio interferência que podem tornar o sinal de uma transmissão totalmente ininteligível ou simplesmente provocando leve perturbação que nada altera no entendimento da mesma. Essa perturbação de sinais pode ou não ser provocada pela linha de transmissão, pois radiações solares ou atividades atmosféricas, além de outros fatores aquém de ambientais, também provocam radio interferência, porém a proximidade com a linha evidencia esse problema.

A intensidade do ruído de RI depende da geometria da linha, das condições climáticas, além é claro da distância entre a LT e o medidor.

A geometria em que a linha é construída como já foi comentado pode diminuir ou aumentar os eflúvios pontuais, pois o dimensionamento de condutores ou subcondutores em uma fase, o espaçamento entre as fases, a altura da linha em relação ao solo, além é claro das condições superficiais dos condutores são fatores primordiais para diminuição dos gradientes de potencial da mesma. A condição em que se encontram as superfícies dos condutores é unanimidade quanto sua importância em várias pesquisas sobre RI, segundo Fuchs (1979), pois quanto maior o número de imperfeições maior será o gradiente de potencial.

As condições climáticas também influenciam nas descargas de corona, pois a velocidade do vento pode alterar mesmo que brevemente o espaçamento entre as fases e prejudicar ou até mesmo danificar a estrutura de fixação dos subcondutores, além é claro que durante chuvas e garoas, são armazenadas gotículas na superfície dos condutores aumentando o gradiente de potencial nos mesmos.

As condições climáticas são fatores determinantes no aparecimento da RI. Para a condição de tempo com chuva forte (L1), sendo L1 o nível de RI que excedeu somente em 1% do período de tempo, ter-se-á um alto nível de ruído para a LT. De outra forma, o nível de RI é inferior quando se considera a condição de tempo bom (Fair L50). Para condutor molhado (L50) considerando os valores de RI excedidos em 50% do tempo, quando se considera apenas uma chuva fraca ou após um período com precipitação, têm-se também valores consideráveis de emissão de ruído, no entanto com valor menor para a condição de tempo com chuva forte (L1). (Neto, Silva, 2014, pg.56,57).

O posicionamento em que se realiza a medição também é importante por que os campos eletromagnéticos se manifestam lateralmente aos condutores das LT, como já foi mencionado, porém quanto maior à distância em que se mede menor será a intensidade dos ruídos. O ideal é medir-se os ruídos nas proximidades dos radio-receptores, para verificar-se com mais precisão o nível de perturbação do sinal, tendo conhecimento é claro do nível de sinal transmitido sem a influência da LT, através de

diagramas radiantes das emissoras, tendo em mente que mesmo sem haver linhas de transmissão o sinal pode sofrer alterações graças a condições atmosféricas, como mencionado por Fuchs (1979). Após se conhecer os valores tanto do sinal quanto da interferência, realiza-se a relação sinal/ruído e compara-se com os níveis permitidos de acordo com a legislação vigente local.

Foram realizados muitos estudos em várias instalações de pesquisa focadas em transmissão de energia elétrica em tensão extra elevadas espalhada pelo mundo para o estabelecimento de processos de cálculo e fórmulas para a predeterminação do nível de ruídos de RI provocados pelas linhas.

Concluiu-se, portanto que o nível de ruído de uma LT é totalmente instável e bastante dependente da superfície dos condutores e segundo Fuchs (1979), mesmo com tempo bom foi observado flutuações da ordem de 12 [dB], significando que a intensidade de campo pode variar em um fator de 4, não sendo possível controlar a causa desse fenômeno.

O que se pode fazer, reconhecendo que o campo de ruídos de uma linha só pode ser definido em termos estatísticos, foi estabelecer leis estatísticas, através de análises em 75 linhas, de diversos tipos, com tensões acima de 220 [KV], em várias regiões com climas diferentes, como informa Fuchs (1979).

Esses trabalhos foram realizados conjuntamente pelo IEEE e pelo CIGRÉ, iniciando-se em 1968 e com suas conclusões publicadas em 1972.

Os resultados foram corrigidos e normalizados, a fim de permitir sua interpretação e análise científica, logo após foram comparados esses resultados com 10 dos vários processos de cálculo criados anteriormente por outros grupos de pesquisa, como já fora citado no presente trabalho, resultando em métodos empíricos ou semi-empíricos de um modo geral, permitindo o cálculo de desempenho de diversas linhas de transmissão no que diz respeito a RI, em que os níveis de ruídos (NR), função dos parâmetros dos condutores, são determinados experimentalmente, assim como informado por Fuchs (1979).

Os métodos criados foram separados em dois grandes grupos denominados analíticos e comparativos, porém independentemente do método deve-se obter os registros estatísticos dos NR por meio de uma estação registradora durante um ano, a fim de se planejar a construção de uma futura linha, tendo como base o desempenho de uma linha com parâmetros e clima regional parecido.

Ruídos Audíveis

Em relação aos ruídos, se tem como consequência uma sensação incomodativa ao ouvido humano. Existem muitas formas e condições de ruídos audíveis presentes na natureza e no dia-a-dia. No entanto, este trabalho se analisa uma fonte de ruído um tanto peculiar, que são os das linhas aéreas de transmissões, em alta tensão e extra-alta-tensão.

Normalmente, as linhas de transmissão se tornam uma parcela desprezível em relação aos ruídos audíveis em comparação com outras ocorrências de ruídos, como por exemplo, ruídos produzidos por aviões, automóveis, entre outros.

O ruído audível das linhas de transmissão, se dá principalmente sob más condições climáticas. Em boas condições climáticas, o condutor normalmente trabalha abaixo do nível de manifestação do efeito corona. Além das condições climáticas que influenciam na produção dos ruídos audíveis, pode-se citar o efeito da geometria da linha, com os subcondutores presentes nos feixes e nos diâmetros do próprio condutor.

Normalmente expresso em decibel [dB], o ruído audível em uma LT aparece quando o gradiente crítico disruptivo do ar é excedido pelo gradiente de potencial na superfície do condutor, ou seja, quando a LT está sofrendo com as manifestações do efeito corona. [FUCHS, 1979]

Cadeias de isoladores são também uma fonte de ruído. Para isoladores desenvolvidos por vidros ou cerâmicas, a sua alta aderência, principalmente em lugares com elevadas concentrações de poluição, faz com que acumule sobre os condutores resíduos, se tornando uma fonte pontual de ruído audível. Uma solução para esse problema seria a manutenção periódica desses isoladores.

A geração dos ruídos audíveis é influenciada pelos seguintes fatores:

- a) tensões de operação são significantes para as linhas de 500kV e superiores;
- b) as gotas d'água acumuladas na geratriz inferior dos condutores fazem com que as intensidades das componentes aleatórias aumentam mais do que as contínuas. Sob chuvas pesadas, o ruído que estas provocam é normalmente superior ao ruído gerado pelas linhas, não apresentando problemas mais sérios. As piores condições dos ruídos ocorrem com chuvas fracas, neblina e água acumulada nos condutores. Em neblina, especialmente, a transmissão do som é facilitada, aumentando assim o grau de perturbação. Em tempo bom, o nível de ruído é considerável de 5 a 20 [dB], de modo que os condutores molhados, ou sob neblina, dependem do gradiente de potencial e do grau de irregularidades dos cabos;

- c) diâmetros dos condutores, número de subcondutores por feixe e configuração dos feixes, afetam diretamente as condições de ruído;
- d) condições superficiais dos condutores,
- e) o espaçamento das linhas e as posições relativas de objetos refletoras;
- f) grau de atenuação, direções e intensidades de vento, etc.

No entanto, a base de cálculo dos ruídos audíveis presente neste trabalho, está voltada inteiramente para a total extensão de LT.

Os valores limitantes para os ruídos audíveis produzido pelas LT, se estabelece que no limite da faixa de segurança, quando a LT estiver operando em tensão máxima, se deve, no máximo, igual a 58 [dB] nas condições climáticas não simultâneas de chuva fina (<0,00148 [mm/min]), durante nevoa de 4 horas de duração ou durante os primeiros 15 minutos após a ocorrência de chuva. Essas situações se caracterizam pelas condições do condutor molhado.

Perdas de Energia Devido ao Efeito Corona

As perdas de energia por corona nas condições de tempo bom e com as linhas de condutores bem dimensionados são praticamente desprezíveis para fins de parâmetros da LT, se comparadas com as perdas ocorridas com mau tempo que são comprovadamente elevadas e merecem atenção por parte dos responsáveis pela linha. No entanto em regiões em que se chove pouco, as chamadas perdas com tempo bom ocorrem por longos períodos de tempo afetando consideravelmente o valor final de energia perdida.

Ao se analisar as perdas por efeito corona por meio de determinações analíticas, usam-se diversas expressões baseadas em varias literaturas. Essas expressões na maioria das vezes foram baseadas em experiências e pesquisas empíricas, porém seus resultados nem sempre convergem. Existem expressões como a de Peterson, proposta em 1933, que resultou em uma formula que ainda é utilizada em caso de tempo bom.

Em meados dos anos 60, foram realizados estudos em diversos países, como os Estados Unidos (Projeto EHV), Alemanha (Rheinau), Canadá (Cold Water), França (EderF), dentre outros, que apresentaram os melhores resultados, porém nem todos convergem, quando se trata de más condições de tempo, ou seja, presença de chuva.

Como já mencionado existem uma grande gama de métodos de calculo voltados às perdas de potencia ocasionadas pelo efeito corona, porém muitos não correspondem com a realidade se tratando de condições de tempo com chuva.

Fuchs (1979) indica o método desenvolvido por Cladé e Gary nas estações de pesquisa da *Electrecité de France*, como um dos que mais se destacam no calculo de perdas de corona com tempo ruim.

Quando os condutores são mais novos, suas superfícies não encharcam facilmente, com isso a água da chuva tende a formar uma grande quantidade de gotículas separas umas das outras, gerando assim varias fontes de eflúvios de corona.

Condutores envelhecidos encharcam facilmente. Eles possuem uma capa um tanto porosa fazendo com que a água se espalhe uniformemente ao longo dos mesmos, formando uma espécie de película, sendo assim suas perdas são menores do que em condutores novos.

As gotas d'água formam-se apenas na geratriz inferior dos cabos, onde produzem os eflúvios antes de cair.

Através do presente estudo pode-se observar que as perdas por efeito corona nas LTs, assim como sua condutibilidade de dispersão podem ser definidas apenas estatisticamente mediante as condições meteorológicas em que as linhas são submetidas, variando ao longo de toda a linha, ainda mais se a mesma for longa o suficiente para atravessar regiões com diferentes condições climáticas.

A confiabilidade de um estudo de perdas por corona dependerá de dados meteorológicos colhidos por toda extensão da LT, a cada hora, por um longo período de tempo (no mínimo um ciclo pluviométrico), além é claro da qualidade dos equipamentos e profissionais que realizam as medições. Através desses dados e utilizando os métodos apresentados é possível calcular a curva anual de duração de perdas de potencia anuais por corona [kW], que integrada, como exemplificado na Fig. 1, permite determinar as perdas médias anuais.

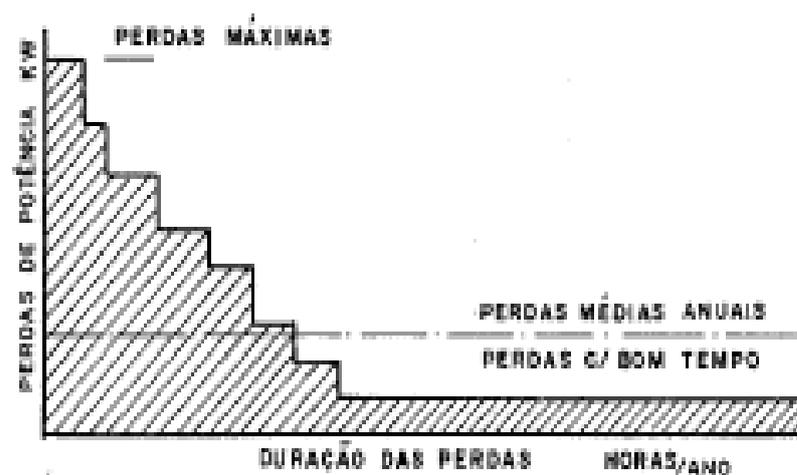


Fig. 1 - Curva de duração de perdas por Corona.

Fonte: (FUCHS, 1977)

GRADIENTES DE POTENCIAL NA SUPERFÍCIE DOS CONDUTORES

O gradiente crítico visual apresenta o fenômeno de efeito corona, verificadas experimentalmente por Peek, quando também se iniciam as aparições luminosas. Um condutor atinge o gradiente crítico visual quando o gradiente crítico disruptivo é obtido a certa distância da superfície do condutor. O gradiente crítico visual está sujeito apenas as características geométricas do condutor e as condições do ambiente. O gradiente de potencial na superfície do condutor é o campo elétrico superficial para uma determinada tensão aplicada ao condutor, geralmente expresso em quilovolts por centímetro (kV/cm). Em certo momento, se o gradiente de potencial na superfície do condutor é maior ou igual ao gradiente crítico visual, os fenômenos que acarretam do efeito corona estarão presentes, causando perdas, ruído de rádiointerferência, ruído audível, entre outros. Desta forma, o conhecimento do gradiente de potencial na superfície do condutor é essencial no projeto da linha de transmissão. [FILHO, 2005]

A exatidão final do cálculo do valor do gradiente de potencial não depende apenas do método de cálculo, mas também da precisão dos dados de entrada. Deste modo, alguns dos mais importantes dados que está ligado diretamente na precisão do valor final estão relacionados aos parâmetros físicos da linha de transmissão, tais como a altura média dos condutores sobre o plano do solo, o diâmetro do condutor, o espaçamento entre os condutores e a tensão da linha. [FILHO, 2005]

A altura média dos condutores sobre o plano do solo é sujeita a variações devido à flecha de o condutor sofrer alterações de acordo com a variação da temperatura ao qual se encontra o condutor. A umidade do solo altera, conforme os níveis dos lençóis freáticos. Com isso os efeitos elétricos do plano de terra sob os condutores podem variar. [FUCHS, 1977]

O espaçamento entre os condutores deve ser variado devido as condições temporais do vento, o que dificulta a relação entre variações na altura média dos condutores segundo ao plano do solo e os espaçamentos entre os condutores devido aos valores do gradiente. Sendo considerados os condutores como cilindros lisos, os gradientes são valores nominais e na verdade os condutores são fios encordoados e têm sua superfície externas irregular aonde contem rugosidades, fendas, ranhuras, materiais orgânicos e inorgânicos sob a sua superfície. [FILHO, 2005]

Devido a uma série de fatores os valores obtidos resultam em uma incerteza sobre o cálculo dos gradientes de potencial. Como não se pode controlar nenhum dos fatores citados acima mencionados, existe uma incerteza inerente nos valores de gradientes calculados. Estudos mostram que se forem levados em conta todos os fatores mencionados, um valor otimizado, para um mínimo de incerteza seria em torno de 5%. Com um erro admissível de 1 a 2% no método de cálculo do gradiente de potencial na superfície dos condutores. [FUCHS, 1977]

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os primeiros registros de estudo sobre o efeito corona começou a ser realizado desde o início do século passado com Peek, Holm, Ryan e Henline, respectivamente, todos angustiados com reflexo desse agente intrigante em linhas de transmissão de energia elétrica.

Sob este aspecto, outros estudos aconteceram posteriormente. Todos aqueles ao qual realizaram as análises são unânimes em afirmar a grande complexidade não só do entendimento sobre o assunto, mas também em desenvolver um método analítico que decorresse a comprovar a existência do efeito corona proveniente das linhas de transmissão de energia elétrica.

Neste contexto, utilizando o desenvolvimento analítico de Fucks e alguns outros autores relatados nas referências bibliográficas, foi possível chegar a uma clareza no assunto e valores apreciáveis do efeito corona.

De qualquer modo, o desenvolvimento matemático é relativamente extenso, concentra um número muito elevado de formulas, tornando, de certo modo, difícil a compreensão, que só permite uma interpretação teórica sobre o efeito corona e aos valores aproximados quando calculados manualmente. Hoje com o aprimoramento dos estudos, foram criados softwares que analisam as linhas de transmissão e informam com precisão os parâmetros de efeito corona que podem ser avaliados pelo sistema, tais eles, perdas por efeito corona, radio interferência e ruídos de áudio. Para cada um destes parâmetros, vários métodos avançados de avaliação foram implementados. Cada método é válido para certa gama de valores de raio do condutor e de gradiente de superfície; tais gamas de valores são determinados por meio de testes realizados durante o desenvolvimento desses métodos.

Após realizar a presente pesquisa, podemos considerar que o estudo aprofundado sobre o efeito corona pode ser benéfico para o descobrimento de soluções, melhorias e sugestões para a distribuição de energia elétrica.

Visando a continuidade da pesquisa, pode ser considerado levar em conta, fatores para o estudo do efeito corona nas máquinas elétricas como transformadores, geradores e isoladores de tensão. Uma boa qualidade de energia é primordial para bom funcionamento de equipamentos e máquinas elétricas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

JÚNIOR, Luiz Cera Zanetta. **Transitórios eletromagnéticos em sistemas de potência**. 52 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. 723 p.

LEÃO, Ricardo Micheletto. **Rádio interferência de linhas de alta tensão**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008. 146 p.

NETO, João Alves Da Silva. **Estudo dos Efeitos Corona, Rádio Interferência e Níveis de Ruído e Intensidade de Campos Elétricos e Magnéticos Produzidos por Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica**. Universidade Federal de Itajubá, [SL], p. 97, conjunto. 2014. Disponível em: < <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/549> >. Acesso em: 18 de agosto. 2017.

CHIPMAN, R.A. **Teoria e problemas de linhas de transmissão**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1976. 276p.

FUCHS, R.D. **Transmissão de energia elétrica: linhas aéreas**. 2.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 582p.

GLÁSSICO, C.M. **Uma contribuição ao estudo do efeito corona em linhas de transmissão utilizando método dos elementos finitos**. 1994. 123f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica – Departamento de Sistemas de Controle de Energia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

SINGER, H.; STEINBIGLER, H.; WEISS, P. A Charge Simulation Method for the Calculation of High Voltage Fields. **Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on, PAS-93, 5**, Setembro 1974. 1660 - 1668.

TANABE, K.; TAKEBE, T.; ISOZAKI, M. Reduction of Audible Noise Using Asymmetrical Bundles for 1000 kV Transmission Lines: Full-Scale Test Results of Akagi Test Line. **Power Delivery, IEEE Transactions on, 11, 3**, Julho 1996. 1482 - 1491.

TAYLOR, E. R.; CHARTIER, V. L.; RICE, D. N. Audible Noise and Visual Corona from HV and EHV Transmission Lines and Substation Conductors - Laboratory Tests. **Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on, PAS-88, 5**, Maio 1969. 666 - 679.

ABDEL-SALAM, M.; ABO-SHAL, Y. Onset voltage of corona on coated conductors. **Industry Applications Conference IEEE, 2.**, Orlando, 8-12 Outubro 1995. 1216-1222.

ADAMS, G. E. The Calculation of the Radio Interference Level of Transmission Lines Caused by Corona Discharges. **Power Apparatus and Systems, Part III. Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, 75, 3**, Janeiro 1956.

AHLBOM, A.; DAY, N.; FEYCHTING. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. **British Journal of Cancer**, 2000.

ANDERSON, J. G.; BARETSKY, M.; MACCARTHY, D. D. Corona-Loss Characteristics of EHV Transmission Lines Based on Project EHV Research. **Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on, PAS-85, 12**, Dezembro 1996. 1196 - 1212.

ANEEL. **Resolução Normativa N° 398**. [S.l.]. 2010.

ANSI/IEEE. **IEEE Standard for the Measurement of Audible Noise From Overhead Transmission Lines**. [S.l.]. 1985.

ANSI/IEEE. **IEEE Standard for the Measurement of Audible Noise From Overhead Transmission Lines**. Standard 656-1992. [S.l.]. 1992. (0-7381-0363-2).

ANSI/IEEE. **IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From AC Power Lines**. [S.l.]. 1994. (0-7381-0362-4).

ATOIAN, G. E. Are There Biological and Psychological Effects Due to Extra High Voltage Installations? **Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on, PAS-97, 1**, Janeiro 1978. 8 - 18.

BIAN, X. et al. Influence of Aged Conductor Surface Conditions on AC Corona- Generated Audible Noise with a Corona Cage. **Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on, 19, 6**, Dezembro 2012. 2037 - 2043.

CARNEIRO, S.; JOSE, M. R. Evaluation of corona and line models in electromagnetic transients simulations. **Power Delivery, IEEE Transactions on, 6, 1**, Janeiro 1991. 334 - 342.

COMBER, M. G.; CORTINA, R. Audible noise generation of individual subconductors of transmission line conductor bundles. **Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on, 95, 2**, Março 1976. 525 - 535.

CRASSON, M. 50-60 Hz Electric and Magnetic Field Effects on Cognitive Function: a Review. **Radiat Prot Dosimetry**, 2003. 333-340.

DENO, D. W. Transmission Line Fields. **Power Apparatus and Systems, IEEE Transaction on**, 95,5, October 1976. 1600-1611.

Energia Heliotérmica

Heliothermic energy

Roni Pablo Rodrigues da Cunha¹
Danilo da Silva Custódio¹
Giuliano Pierre Estevam²

RESUMO

O estudo de energia solar térmica concentrada, apresenta outra forma de utilização de energia solar, que vem ganhando mercado a cada dia. Uma tecnologia que visa a baixa emissão de carbono, menores impactos sobre o equilíbrio climático e a utilização correta de recursos naturais. O sol é a fonte de energia mais abundante no planeta, e pouco explorada em relação a outras fontes de energia utilizadas na área de geração de energia elétrica. O Brasil, por sua localização geográfica é um país beneficiado, se falando em radiação solar, pois se encontra em uma área com um alto índice de radiação solar direta. Neste artigo serão apresentados alguns dados de radiação solar direta no Brasil e radiação solar global, para saber a viabilidade da implantação de plantas SCP no Brasil. A radiação solar é captada pelos coletores e direcionada para um único ponto, o concentrador, onde aquece um fluido específico, esse fluido passa por um trocador de calor, onde aquece água e gera vapor, esse vapor é transferido para um bloco de potência onde fica a turbina a vapor e o gerador de energia elétrica. Neste trabalho serão abordados quatro tipos de plantas CSP, a Torre central, o Concentrador linear de Fresnel, o Prato Parabólico e o disco parabólico.

Palavras-Chave: Energia Solar, fontes alternativas, desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia da Elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Engenheiro Eletricista, Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Docente do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

The study of concentrated solar energy presents an alternative of cleaning energy resource. This technology has been gaining market daily due to its focus on a low carbon emission, less impact on the climate balance and to be a very good example on how to make the most using the available natural resources. The sun is the most abundant source of energy without planet and is not explored enough when compared with others sources of energy in the area of electric power generation. Brazil, because of its geographic location, is considered a luck country speaking in solar radiation, once it is in an area with a high index of direct solar radiation. This paper gives a summary on data resource of direct solar radiation in Brazil and around the world and also analyses the feasibility of the implantation of CSP plants in Brazil. The solar radiation is captured by collectors and directed to a single point, the concentrator, where a specific fluid goes through a heat exchanger, where water becomes water vapor, this steam is transferred to a block of energy where are the steam turbine and the electric power generator. In this paper also explain the Central Tower, the Fresnel Linear Concentrator, the Parabolic Plate and the Parabolic Disc.

Key-words: Solar Energy, alternative sources, sustainable development.

Introdução

A procura por novas fontes de geração de energia vem crescendo, pois a geração de energia mundial baseia-se praticamente em fontes não renováveis, como os combustíveis fontes não renováveis são encontradas na natureza, e são limitadas, dependendo de um longo período para se tornarem disponíveis, como o carvão mineral, o petróleo, o gás natural e o urânio.

Essa procura crescente por fontes de geração de energia que não são agressivas ao meio ambiente e são sustentáveis, acontece devido ao acelerado crescimento da demanda de energia elétrica. Fontes de energia como o sol, vento e as marés, estão sendo bastante estudadas para a geração de energia elétrica, o sol utilizado na geração de energia através das placas fotovoltaicas e nas usinas heliotérmica, os ventos nas usinas eólicas e a energia maremotriz que utiliza a força das marés.

O sol é a maior fonte natural de energia disponível em nosso planeta, e não agride o meio ambiente. A radiação solar é utilizada diretamente na geração de energia através das placas fotovoltaicas e termosolar, e indiretamente na biomassa.

Neste trabalho aborda-se a geração de energia heliotérmica ou termosolar, como também é conhecida.

A ideia da geração de energia termosolar é antiga. Em meados de 1912 no Egito, existia uma usina termosolar a vapor com capacidade de geração de 45 KW, mas acabou sendo fechada na II Guerra Mundial (ANDERSON & HAMED, 1993).

A geração heliotermica é feita através de espelhos que são colocados em ângulos de forma a concentrar a energia do sol em um único ponto (concentrador), o qual contém um fluido que é aquecido, e então, usado para gerar vapor. Assim o turbogerador é acionado. Existem quatro sistemas de geração heliotermica, que se dividem em dois grupos: o grupo dos concentradores pontuais que são a torre central e o prato parabólico, e os concentradores em linha que são a calha parabólica e o concentrador linear de *Fresnel*.

Radiação Solar

A figura 1 retrata o mapa de irradiação direta (DNI) anual média no Brasil. Observando nota-se que o maior potencial está contido no centro oeste subindo pelo centro do mapa se estendendo até o nordeste. A Bahia, e o norte de Minas gerais apresentam os maiores valores de irradiação direta, chegando a aproximadamente 2.300 kWh/m² por ano.

Figura 1 – Mapa de irradiação direta no Brasil.



Fonte: (SOLARGIS, 2017)

É primordial conhecer os valores de irradiação direta para determinar o local que possui valores necessários para o projeto heliotérmico.

O valor de DNI viável vai de 1.600 kWh/m² a 2.000 kWh/m² por ano, levando em relação o preço dos equipamentos e o preço da energia, no entanto esses valores de DNI não são satisfatórios para o funcionamento de centrais heliotérmica. Os valores ideais são de 2.000 kWh/m² para um funcionamento correto e rentável. Abaixo de 1.600 kWh/m² não são considerados satisfatórios para o funcionamento de uma central. (SCHLECHT; MEYER, 2012)

O norte de Minas gerais e a região da Bahia também detém o maior potência de irradiação global (GHI) anual média, como mostra na figura 2. No entanto, estas regiões apresentam temperaturas mais elevadas do que as regiões com baixos valores de irradiação global. (MARTINS, 2014).

Figura 2 – Mapa de irradiação solar global no Brasil



Fonte: (SOLARGIS, 2017)

O Centro-Oeste, sudeste e subindo para nordeste, mostram valores de irradiação direta que variam entre 1.900 kWh/m² por ano, aproximadamente, tornando regiões aptas a construção de centrais heliotérmica (MARTINS, 2014).

Energia heliotérmica.

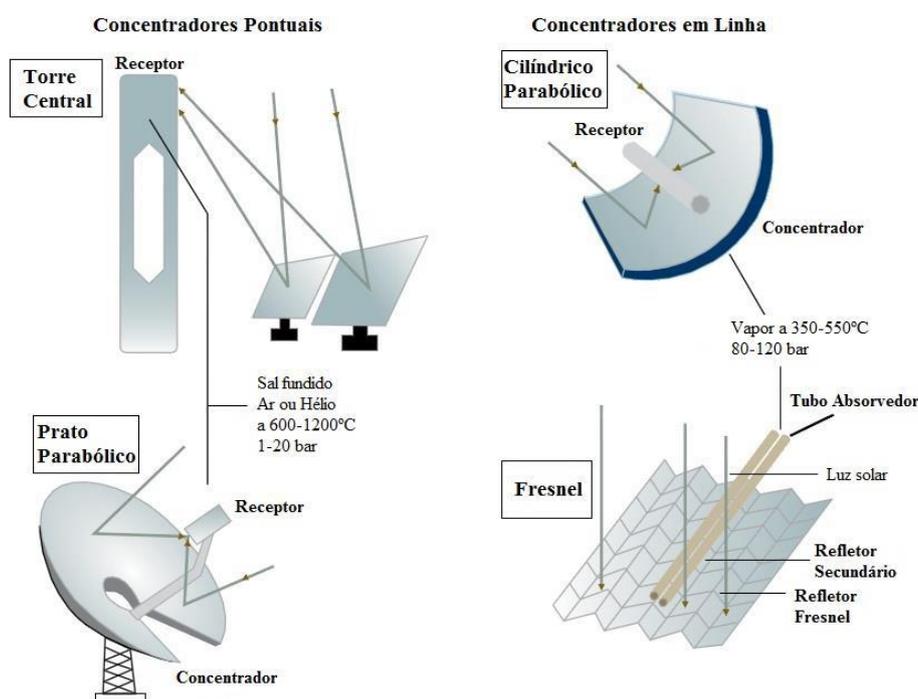
A energia Heliotérmica, ou energia solar térmica concentrada (CSP), é basicamente a concentração da radiação solar e um ponto (receptor), que faz aquecer um fluido de transferência que troca calor em um trocador de calor, gerando vapor que vai para o bloco de potência onde é gerada a eletricidade.

Existem quatro tipos de sistemas de energia térmica solar concentrada, o de receptor central, o prato parabólico, concentrador de *Fresnel* e o cilindro parabólico, conforme está ilustrado na figura 3. Desses sistemas citados, os três primeiros

podem ser utilizados em sistemas híbridos, em que é possível usar outra fonte de combustível para sua operação.

Os sistemas de concentrador de *Fresnel*, o cilindro parabólico e o de torre central podem armazenar energia, para trabalhar em períodos que não há incidência de raios solares.

Figura 3 – Tipos de plantas de energia solar térmica.



Fonte: (MILLER E LUMBY, 2012)

Receptor central.

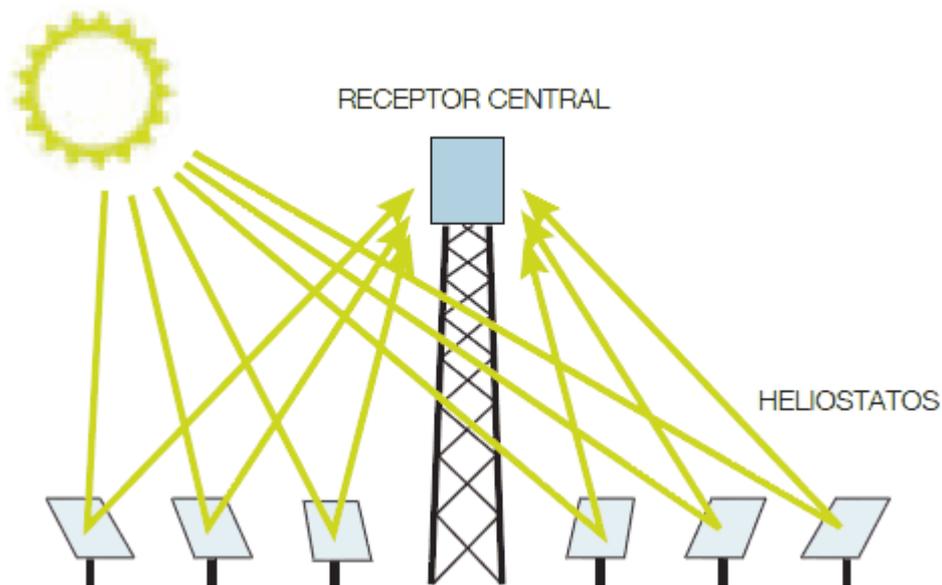
O sistema de geração do tipo Receptor central que está ilustrado na figura 4, consiste em um campo de heliostatos que focam a radiação solar em um único ponto, o receptor no topo de uma torre que está localizada no centro do campo de heliostatos.

Os heliostatos se movem de uma forma independente em dois eixos, e usam sensores para rastrear o sol e focar a radiação refletida no topo da torre.

Esse sistema de receptor central consegue alcançar uma temperatura de até 1000°C, permitindo utilizar turbinas de alta potência, conseguindo uma maior

eficiência na conversão de energia mecânica da turbina em elétrica no gerador. (BIANCHINI, 2013)

Figura 4. Exemplo de uma Usina Termosolar de Receptor central.



Fonte: (ADRFORMACION, 2015)

O calor gerado pela concentração dos raios solares no receptor central é transferido para um fluido de alta temperatura, esse fluido pode ser utilizado para produzir trabalho ou pode ser armazenado. Essa energia térmica é conduzida para um bloco de potencia onde troca calor para gerar vapor, e o vapor gerado é utilizado para acionar uma turbina a vapor e um gerador, produzindo eletricidade.

Cilíndrico Parabólico.

Os sistemas de concentradores cilíndrico parabólicos, ilustrado na figura 5, são formados por grandes fileiras de espelhos côncavos, o seu formato focaliza o calor no coletor por onde passa o fluido térmico, que pode ser sal fundido, óleo, ou qualquer outra substancia que retenha o calor.

A superfície responsável por refletir os raios solares é composta por um vidro espelhado que é montado em uma estrutura equipada com um dispositivo de

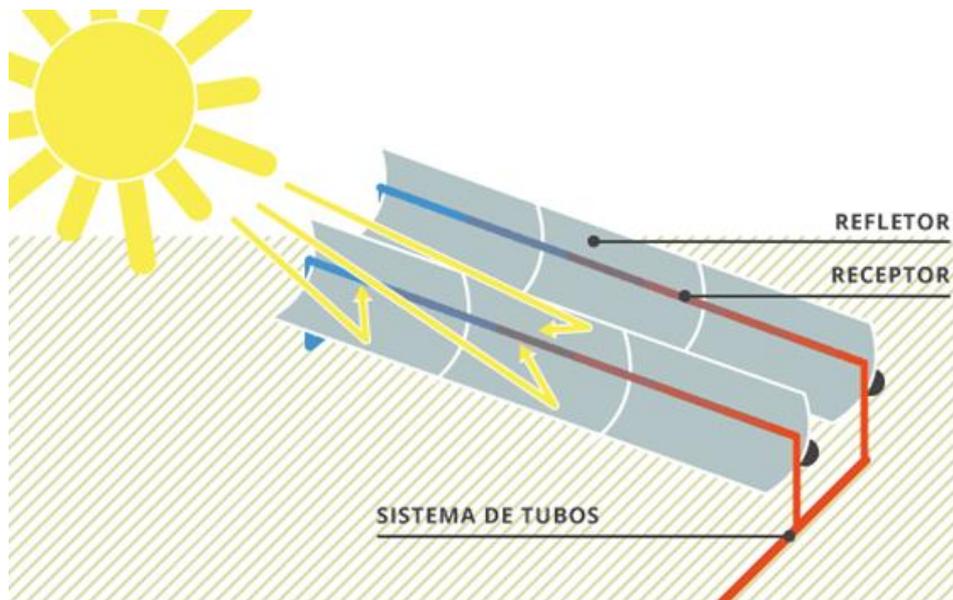
rastreamento solar, no ponto focal dos espelhos fica posicionado o coletor por onde passa o fluido térmico.

O receptor consiste em tubos metálicos recobertos por uma película, geralmente preta, que absorve até 90% da radiação solar incidente e emite muito pouca radiação infravermelha (LODI, 2011). O receptor se encontra dentro de um cilindro de vidro a vácuo, o que reduz as perdas de calor por convecção, mas permite a passagem dos raios solares refletidos pelo coletor. No tubo receptor encontra-se o fluido de transferência de calor, que circula em um circuito fechado.

A energia solar que é absorvida pelo tubo receptor, é transferida para o fluido e troca calor com a água, gerando vapor, esse vapor é utilizado em um ciclo convencional de geração de eletricidade, através de uma turbina a vapor em ciclo *Rankine* (LODI, 2011).

Esse sistema é o mais testado na atualidade, devido ao seu histórico comercial, como a planta de energia solar localizada na Califórnia, no deserto de Mojave, que esta em operação desde 1984. (BIANCHINI, 2013; BARBOSE, 2012)

Figura 5. Exemplo de uma Usina Termosolar do tipo Cilíndrico parabólico.



Fonte: (PORTALSOLAR, 2014).

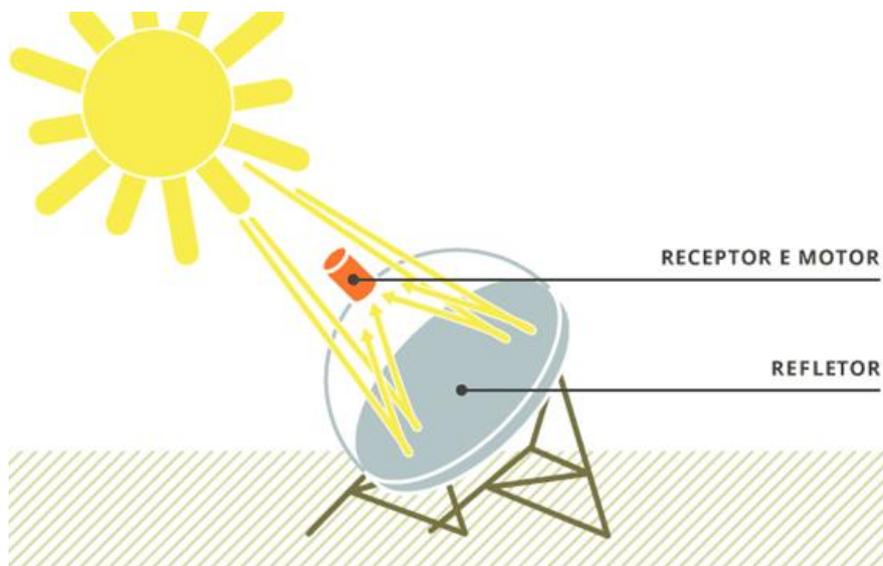
Prato Parabólico.

No sistema de prato parabólico, ou disco parabólico, como pode ser observado na figura 6, o receptor fica situado no foco do refletor parabólico. O sistema fica montado em uma estrutura que gira em dois eixos, as estruturas do coletor e do receptor se movem juntas, acompanhando o sol, através de sensores que captam sua posição.

A energia solar refletida é absorvida pelo receptor, aquecendo o fluido de trabalho a uma temperatura de 800°C aproximadamente, esse fluido pode ser o hidrogênio ou o hélio (BIANCHINI, 2013).

Nesse sistema, o receptor e o gerador estão acoplados junto ao refletor, e o sistema comumente usa um motor de ciclo *Stirling* para girar o gerador de energia. O motor de ciclo Stirling, usa o calor para fazer variação de pressão no interior de sua câmara de hidrogênio selado, o que faz os pistões produzirem energia mecânica. Esses motores são particularmente vantajosos quando são aplicados em bombeamento de água, em que o trabalho mecânico é necessário para acionar uma bomba, em vez de eletricidade para outros fins (BIANCHINI, 2013).

Figura 6. Exemplo de uma Usina Termosolar do tipo Prato Parabólico.



Fonte: (PORTALSOLAR, 2017)

Concentrador Linear de Fresnel.

O Concentrador Linear de Fresnel esta ilustrado na figura 7 , possui uma matriz de espelhos lineares dispostos em longas linhas paralelas. Cada linha possui seu próprio segmento solar que reflete e concentra a radiação no receptor.

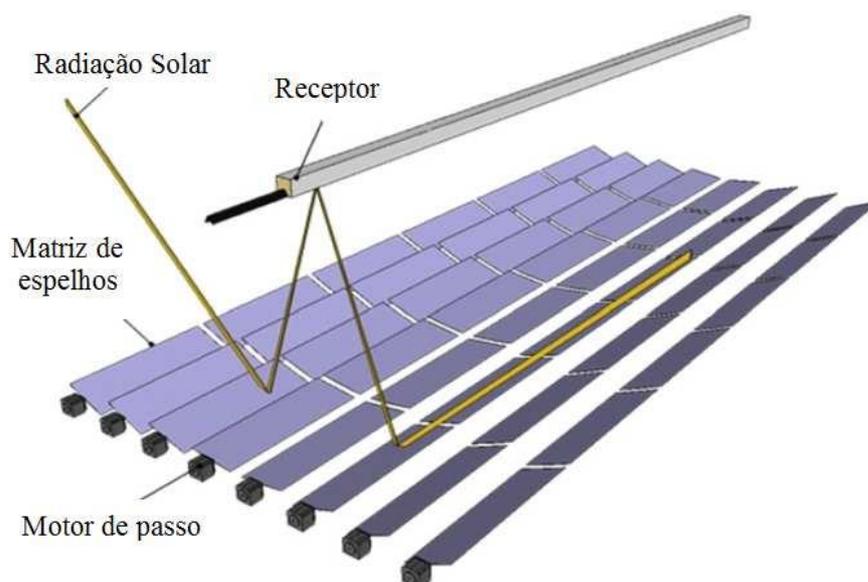
Cada segmento de espelhos trabalha individualmente, e são ligados a motores em suas extremidades. Esses motores movimentam a matriz de espelhos acompanhando a posição do sol, que é detectada através de sensores, posicionando assim o foco do espelho sempre no receptor.

As opções de orientação e localização das plantas de Fresnel são bem parecidas com as plantas de calhas parabólicas, com necessidade de uma área plana, é comum a orientação dos refletores ser no eixo norte-sul, o que maximiza a captura da luz solar durante o dia.

O Concentrador Linear de Fresnel em comparação com o sistema de calha parabólica tem um custo menor se falando de fabricação operação e manutenção, por utilizar espelhos planos e ter uma estrutura menos robusta,

As centrais heliotérmicas que utilizam o Concentrador Linear Fresnel, operam com a geração direta a vapor, isso significa que não utilizam outros fluidos como óleo térmico ou sal fundido para gerar uma troca térmica entre o campo solar e o bloco de potência.

Figura 7. Exemplo de uma Usina Termosolar do tipo Concentrador Linear de Fresnel.



Fonte: (RESEARCHGATE, 2016).

Conclusão

Há uma crescente busca por fontes alternativas de geração de energia elétrica, onde predomina o uso da energia hidráulica e de combustíveis fósseis para suprir essa demanda de eletricidade, essa busca faz com que tenha um aumento nas pesquisas de desenvolvimento de novas tecnologias e de aprimoramento das tecnologias alternativas já existentes no mercado.

O Brasil, por sua localização geográfica, tem um alto índice de radiação solar incidente em seu território, e por ser um país de dimensões continentais, possui uma vasta faixa litorânea, essas características proporcionariam a implantação de vários tipos de tecnologias de geração de energia elétrica alternativas, como as usinas eólicas que fazem o uso do vento para gerar energia, as maré motrizes, que usam a força das marés, e as tecnologias solares, como a fotovoltaica e a energia solar térmica concentrada (energia heliotérmica).

O intuito desse trabalho foi mostrar a tecnologia de geração de energia solar térmica concentrada, a capacidade de instalação de usinas heliotérmicas devido ao alto índice de radiação solar incidente no país, principalmente na região nordeste, e incentivar estudos e análises de aplicação deste tipo de tecnologia, para que no futuro o Brasil possa utilizar essa tecnologia para geração de energia elétrica e diminuir a emissão de gases poluentes gerados por usinas termoelétricas.

Referências

- ANDERSON D. - AHMED K. Dados atuais sobre energia renovável. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/fdesenvolvimento/article/view/65200/63066>
Acesso em: 01 de Março de 2017.
- <<http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/energia-heliotermica/o-que-e-energia-heliotermica>>
Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017.
- CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Energia Solar Princípios e Aplicações. CEPEL – Sistema Eletrobrás, 2006. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>.
Acesso em 03 de Março de 2017.
- Estudo sobre a tecnologia heliotermica e sua viabilidade no Brasil – Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/9376/1/2014_IsabelaMartinsMaranhao.pdf> Acesso em: 26 de Março de 2017.
- Energia solar: perspectivas, eficiência e sustentabilidade – Fórum estadual de energias renováveis - <http://www.cresesb.cepel.br/apresentacoes/20080815_vitoria.pdf> Acesso em: 25 de Março de 2017.
- Levantamento dos impactos ambientais na construção e operação de Usinas Heliotermicas. <http://www.feam.br/images/stories/2016/PESQUISA_DESENVOLVIMENTO/Levantamento_de_Impactos_Ambientais_na_constru%C3%A7%C3%A3o_e_oper%C3%A7%C3%A3o_de_usinas_Heliot%C3%A9rmicas.pdf> Acesso em. 22 de março de 2017.

Análise do sistema de aquecimento solar para bancada de alta pressão ativo

Data Acquisition System for Solar Heating Benches

Edson Kenj Isejima
Leony de Souza Botelho
Rafael Rosseto Aguiar
Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares
Leandro Oliveira Salviano
Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

RESUMO

A crescente demanda energética proporciona a necessidade de obtenção de energias alternativas para a manutenção sustentável da vida humana e do ecossistema, gerando oportunidades de desenvolvimento em diversos segmentos e entre eles, o sistema de aquecimento solar térmico. A energia solar radiante transformada em energia térmica, teve um aumento nessa tecnologia nas últimas décadas. Devido a isso, houve uma crescente demanda de métodos de monitoramento e aquisição de dados são necessários para quantificar e validar os resultados obtidos de um sistema solar na prática com o dimensionado (teórico). Por meio do desenvolvimento de uma placa eletrônica e posicionamento de sensores ligados a um sistema de aquecimento solar de um coletor e um reservatório térmico, foi possível realizar análise quantitativa dos valores do sistema e comparar com métodos teóricos.

Palavras chave: Energia solar, Placa eletrônica, Reservatório térmico, Coletor solar.

ABSTRACT

The energetic demand is growing and it brings necessity of getting alternative energies to sustainable maintenance of human life and of the ecosystem, creating opportunities of development in many segments including the solar thermal, starting with the technologies emergence to solar radiation capture and its transformation into thermal energy. Monitoring and procurement methods are required to quantify and validate the obtained results. Through an electronic board development and sensor positioning attached to solar collector heating system and a thermal tank, a quantitative analysis of the system values could be done and compared to the theoretical methods.

Keywords: Solar energy; Electronic board; Thermal tank; Solar collector.

Introdução

Atualmente, há uma enorme preocupação ambiental com a geração de energia para suporte a vida humana. Dentre os meios de geração sustentável a utilização da energia solar térmica é um excelente exemplo de fonte inesgotável, o seu uso passa a ser mais recorrente ao longo dos anos, se tornado objeto de análise e estudo em diversos âmbitos.

Um fator muito importante é que atualmente cerca de 24 a 30% da energia elétrica consumida em uma residência é destinada ao aquecimento de água, como no caso dos chuveiros elétricos, esse tipo de conversão de energia elétrica para energia térmica representa um desperdício de energia nobre. A energia solar pode atuar como uma possível solução para esse problema, onde a energia irradiante do sol é transformada diretamente em energia térmica ao aquecer toda a água utilizada na residência.

Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo realizar análises de dados coletados na bancada funcional de aquecimento solar térmico de alta pressão fechado, bombeado com alimentação exclusiva, instalado no UniSALESIANO através do monitoramento de temperaturas, irradiação solar, vazão volumétrica e consumo de água quente gerada com a finalidade de comparar a eficiência do sistema com testes realizados pelo órgão certificador Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), para validar sua eficiência e rendimento térmico. A leitura dessas informações e o controle do sistema foi realizada por uma placa eletrônica de produção própria.

Essas informações serão captadas e tratadas com base na equação da calorimetria e modelos matemáticos teóricos utilizados, e gerando dados necessários para um comparativo entre os dados obtidos na bancada em estudo e a literatura disponível sobre o tema exposto.

Objetivo específico

Coletar dados de temperatura, vazão e radiação solar em função do tempo. Gerando gráficos e tabelas para análise comparativa com literaturas e normas vigentes. E por fim fazer a validação da bancada em estudo.

Funcionamento do sistema de aquecimento solar

O princípio de funcionamento do sistema de aquecimento solar é feito pela transformação da energia irradiante em energia térmica, através dos coletores solares.

Para tal estudo, o foco será pelos coletores de aquecimento para água, que na qual, os coletores têm a principal função de transformar a energia irradiante para água e como consequência, aquecê-la.

E essa água aquecida pode ser diretamente consumida ou é armazenada em um reservatório térmico para manter a calor e ser utilizada quando for conveniente.

A seguir, são detalhados o que é um coletor solar para essa aplicação, reservatório térmico e os tipos de instalação.

O coletor solar plano

Os coletores solares planos, em relação aos coletores tubulares, são menos eficientes para altas temperaturas, porém, mais baratos e com um retorno de investimento mais rápido do que os coletores tubulares, uma vez que não se deseja aquecer a água a uma temperatura muito alta, tendo em vista que boa parte de sua aplicação é para água de banho (OLIVEIRA, 2014).

Os coletores planos são formados placas absorvedoras metálicas, que tem a função de captar a irradiação solar, essas placas são escurecidas com tinta apropriada para intemperes a fim de aumentar sua eficiência e durabilidade. O calor coletado por elas é transferido para tubos metálicos unidos a elas por contato ou soldagem.

Esses tubos são verticais tem a função de transferir esse calor coletado para a água que escoar dentro deles. Além disso, nas extremidades dos tubos verticais existem tubos horizontais de diâmetro largo que alimentam na parte de baixo e coleta a água já aquecida na parte superior do coletor e uma vez coletada essa água quente segue para o reservatório térmico a fim de preservar sua energia até o consumo, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada., Erro! Fonte de referência não encontrada. e Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Para maximizar os resultados o coletor plano possui também um isolamento térmico na parte inferior e uma cobertura de vidro na parte superior, que permite a passagem da luz até a placa absorvedora e para unir todos esses materiais, existe um revestimento de alumínio ao seu redor (KALOGIROU, 2014).

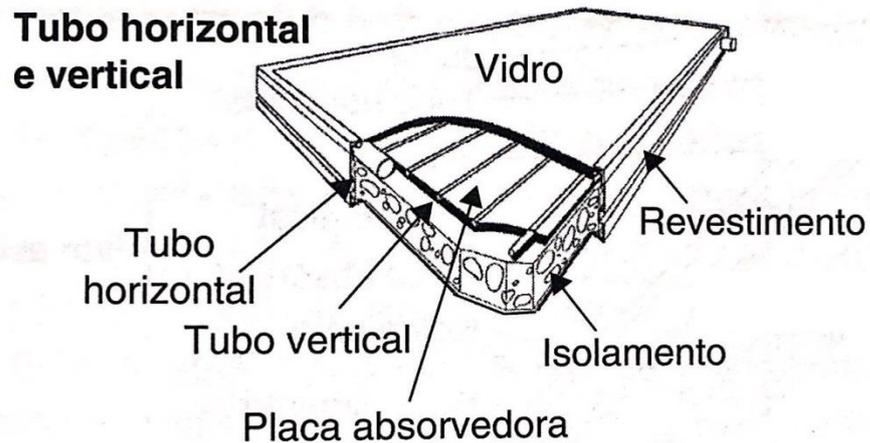


Figura 1 - Coletor plano.
Fonte: (KALOGIROU, 2014)

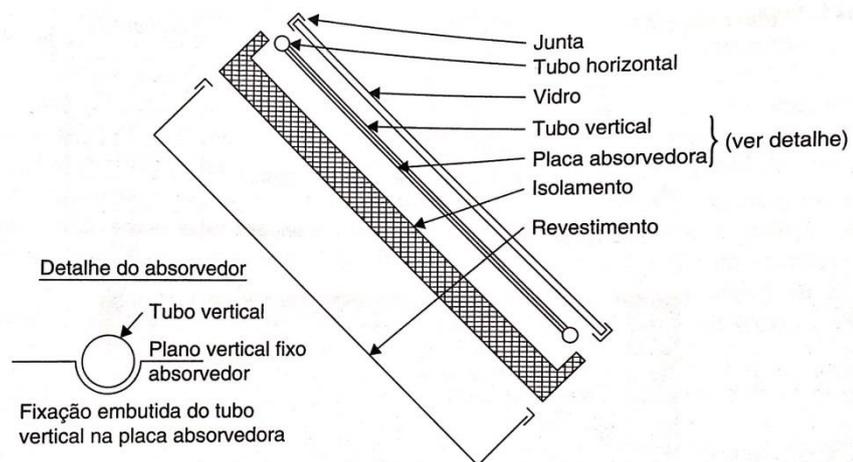


Figura 2-Coletor plano, componentes.
Fonte: (KALOGIROU, 2014)

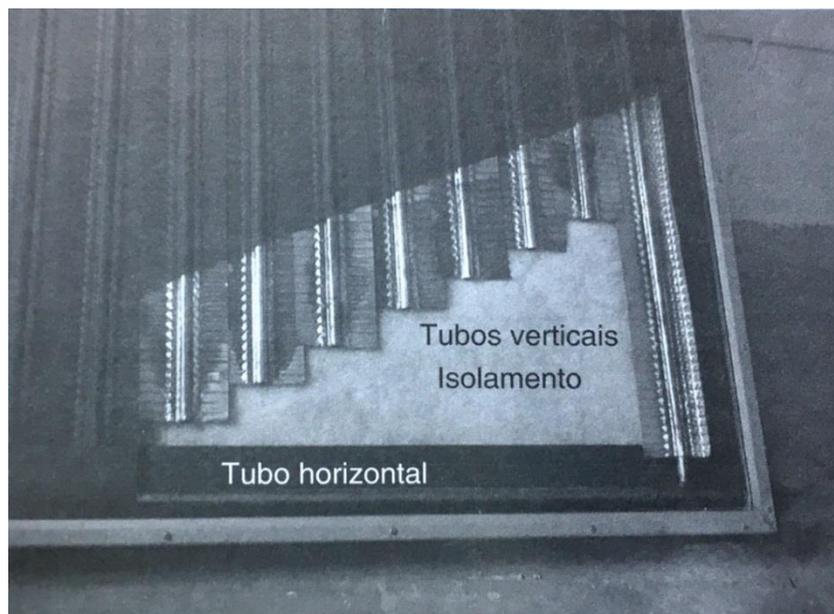


Figura 3 - Coletor plano real.
Fonte: (KALOGIROU, 2014)

- Cobertura: Uma ou mais camadas de vidro que permitem a passagem da radiação
- Tubo vertical: Permitem a passagem da água e a troca de calor com as placas absorvedoras.
- Placa absorvedora: Responsável por captar a energia irradiante do sol e transferir a mesma para os tubos verticais.
- Tubo horizontal: Alimentam na parte inferior os tubos verticais com água mais fria e recolhe na parte superior a água já aquecida.
- Revestimento de alumínio e isolamento térmico: Auxilia na proteção contra umidade e ao mesmo tempo cria uma “estufa” preservando o calor dos tubos (KALOGIROU, 2014).

Reservatório térmico

O reservatório térmico é responsável por preservar o volume de água, suficiente para um dia todo, aquecido. Uma vez que o sistema de aquecimento solar só aquece durante dias ensolarados, há a necessidade de se preservar um volume de água suficiente para o dia todo aquecido, pois, o sistema não pode gerar água quente durante a noite ou em dias chuvosos por exemplo.

O reservatório térmico possui um corpo em aço inox envolvido por um isolamento térmico, como por exemplo, o poliuretano expandido, que por sua vez é envolto por outra camada de alumínio no exterior para proteção contra intempéries.



Figura 4 - Reservatório térmico.
Fonte: Solis Aquecedor Solar (s.d.)

Atuadores são mecanismos que aplicam e geram energia mecânica em uma máquina, levando-a a realizar trabalho, utilizam óleo pressurizado como fluido e podem ser lineares ou rotativos.

Sistema bombeado

Os sistemas de aquecimento solar ativos ou bombeados possuem uma moto bomba hidráulica e um controlador diferencial de temperatura para o acionamento da mesma.

Esses sistemas são indicados para instalações onde não seja possível manter o desnível necessário entre o coletor e o reservatório para o correto funcionamento do termosifão. Dessa forma o controlador detecta a temperatura na saída do coletor e na sucção da bomba, e quando um ΔT de aproximadamente 6 graus a bomba é acionada, assim armazenando a água que está aquecida no coletor, dentro do reservatório e também empurrando a água que estava na parte mais baixa do reservatório para o coletor, a fim de aquecê-la conforme

Erro!
Fonte de referência não encontrada..

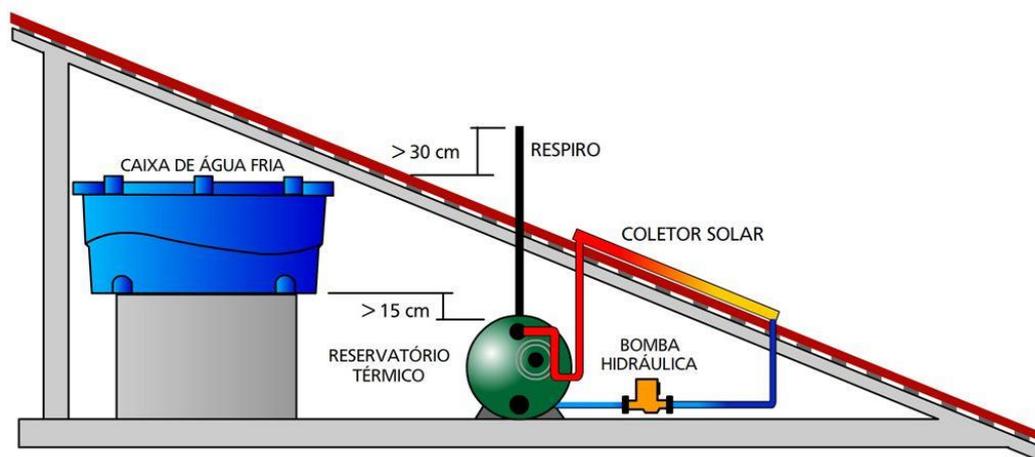


Figura 5 - Sistema ativo
Fonte: TEKHOUSE (s.d.)

Análise do sistema de aquecimento solar para bancada de alta pressão ativo

Para a aquisição de dados da bancada de teste, foi desenvolvido uma placa micro processada para coletar e controlar o sistema hidráulico. Os componentes utilizados foram:

- Arduino Uno R3;
- Protoshield;
- Trimpot 10K Ω ;
- Trimpot 1K Ω ;
- Sensor LDR;
- 7 Transistores BC327;
- 4 Sensores SB19;
- 3 Sensores SB41;
- Rele de estado sólido de 5VC;
- Medidor de vazão YF-S201.

Componentes Principais

Arduino Uno R3

É uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, desenvolvida com um microcontrolador Atmel AVR e suporte de

entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, originada em Wiring, e é essencialmente C/C++ (ARDUINO, 2017).



Figura 6 - Placa de Arduino.
Fonte: Arduino, 2018.

Sensor SB19 e SB41

Sensor de temperatura revestido por uma cápsula de aço inoxidável AISI 316 L, com conformação a frio sobre luva de silicone, que proporciona sua total vedação, além de oferecer robustez e proteção contra radiações. Opera em temperaturas de -50 até 105°C.



Figura 7 - Sensor de temperatura.
Fonte: FullGauge, 2018

Medidor de vazão YF-S201.

O Sensor de Fluxo de Água 1/2 é um produto altamente tecnológico, desenvolvido para atuar em conjunto com diversas plataformas de prototipagem, sejam elas, Arduino, PIC, AVR, ARM, entre outros. A aplicação do Sensor de Fluxo de Água 1/2 é para medir a quantia de água em litros que passa pelo mesmo. Muito eficiente, o Sensor de Fluxo de Água 1/2 consegue medir a vazão de água de 1 a 30 litros por minuto, enviando pulsos ao micro controlador com as informações captadas.



Figura 8 - Medidor de vazão YF-S201.
Fonte: Instituto Digital, 2018.

Montagem

Depois de identificado os pontos de leitura e controle do sistema, foi esboçado um circuito eletrônico para iniciar os testes utilizando uma protoshield conforme Figura 9, possibilitando realizar os devidos testes para o correto funcionamento do circuito eletrônico.

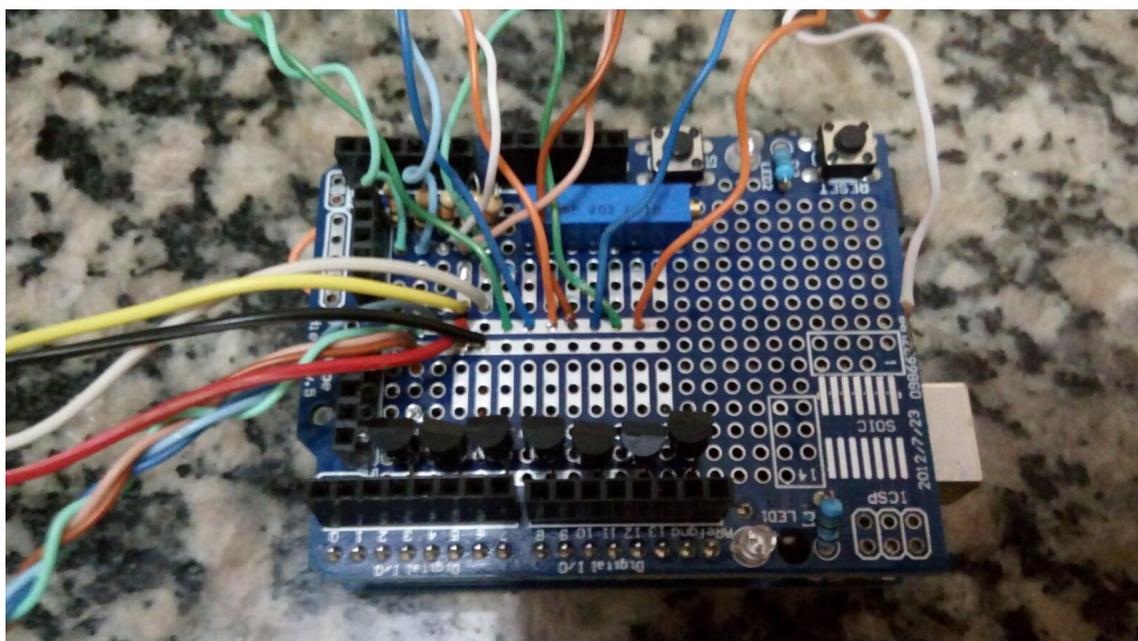


Figura 9 - Protoshield montada.
Fonte: Próprio autor, 2018.

Assim, após os testes iniciais, foi confeccionado o circuito no Protoshield:

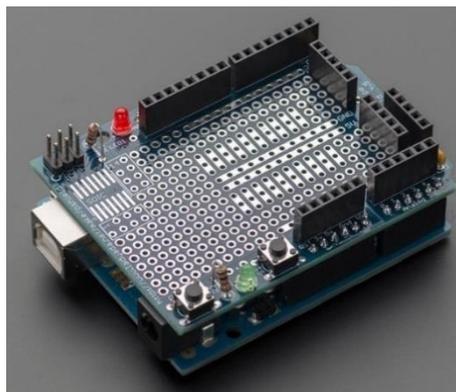


Figura 10-Protoshield encaixada no Arduino.
Fonte: Arduino, 2018.

Método de aquisição de dados

A partir do desenvolvimento de uma placa eletrônica, foi possível colocar o sistema em funcionamento e extrair do mesmo os dados necessários para a plotagem dos gráficos e a comparação dos métodos de análises.

Resultados

Com os dados coletados no experimento, foi possível traçar a produção de energia do sistema e comparar com a produção de energia do dimensionamento. Como mostra o gráfico a seguir, é possível chegar nas seguintes conclusões. Conforme o gráfico da Figura 11

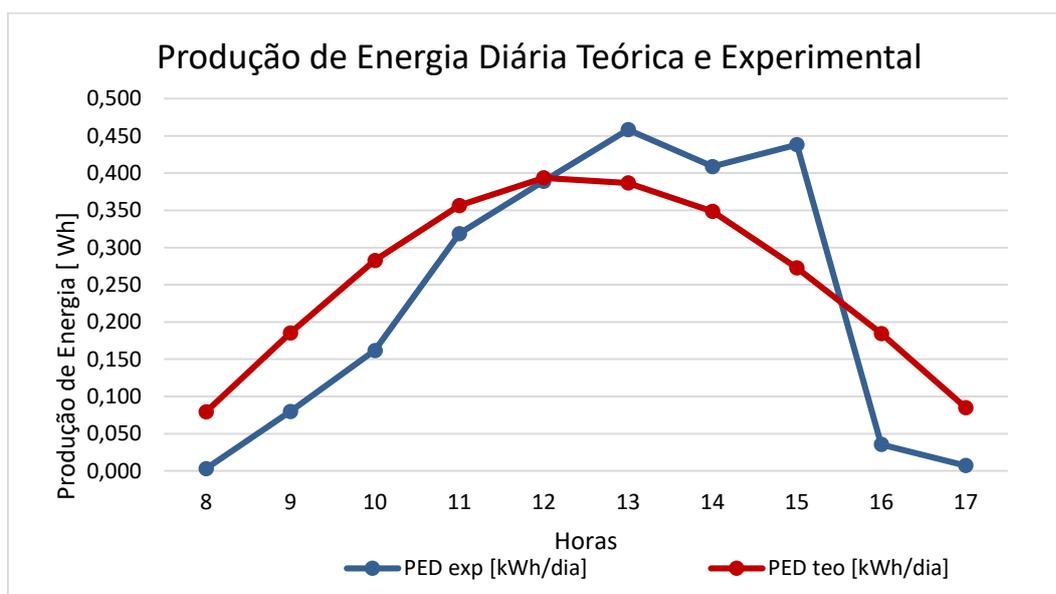


Figura 11 - Produção de Energia Teórico vs. Experimental.
Fonte: Próprio autor, 2018.

A linha em azul representa o comportamento do sistema ao longo do dia, ou seja, a produção de energia experimental. Em vermelho, o dimensionamento teórico, a produção de energia na teoria feita através dos cálculos antes citados. Visivelmente às 8:00 h, a produção de energia era próxima a 0 Wh e o sistema operou com mais eficácia no momento que as horas foram se passando. A partir do meio dia, o rendimento experimental foi mais alto que o teórico, permanecendo acima até às 15:30 h aproximadamente.

Notável que entre às 15:00 e 16:00 h houve um declive acentuado na produção de energia, decorrente da projeção da sombra da árvore sobre o coletor solar. Mesmo assim, às 16:00h, a bomba atuou decorrente ao fenômeno de efeito estufa que ocorre dentro do coletor solar.

Por meio de programas de desenho de computação gráfica, foi possível encontrar a área do gráfico da produção de energia experimental e teórica que foi de 2,6 kWh/dia.

Na Figura 12 demonstra uma área de 43,27.

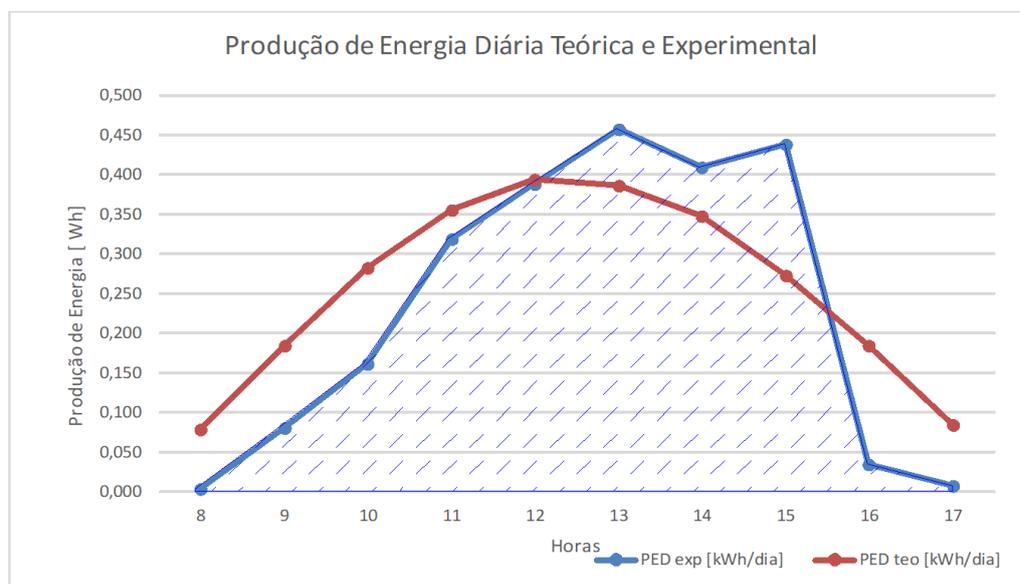


Figura 12 - Área da produção de energia experimental.
Fonte: Próprio autor, 2018.

Caso a árvore não projetasse sombra sobre o coletor e, hipoteticamente o sistema funcionasse normalmente, traçar uma linha interligando os pontos dos horários 15:00 h e 17:00 h, teríamos uma área correspondente à 3,60, como mostra a Figura 13.

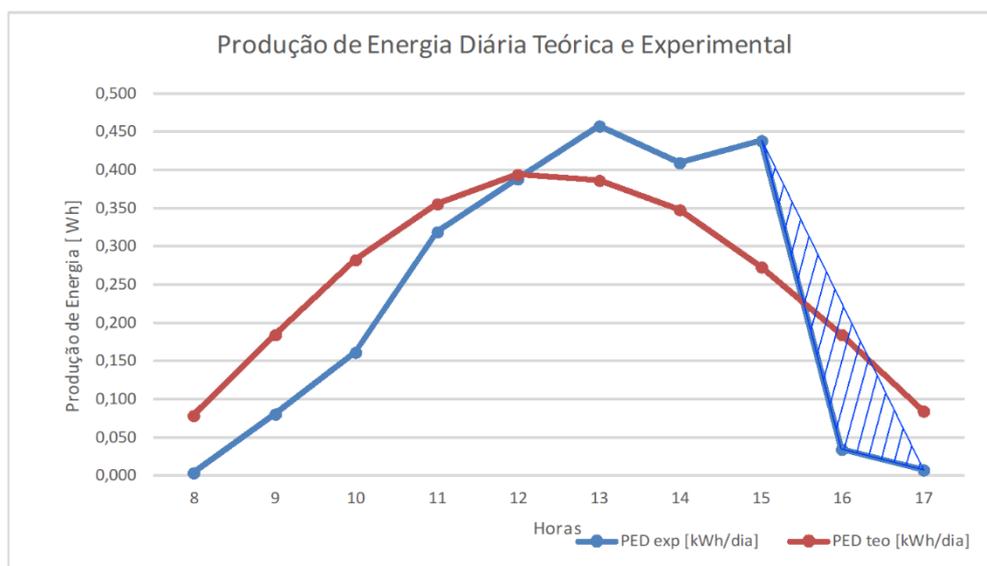


Figura 13 - Área do gráfico hipotético do sistema atuando.
Fonte: Próprio autor, 2018.

Ao somar as áreas em azul tem como resultado uma área quase que equivalente à área da linha em vermelho.

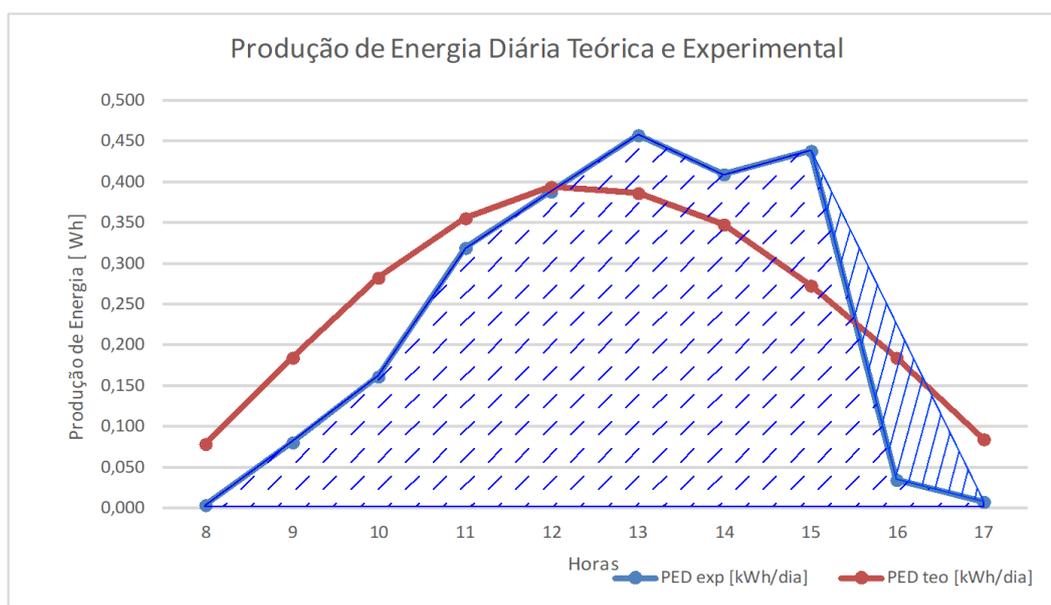


Figura 14 -Área do gráfico da produção de energia experimental mais o hipotético.
Fonte: Próprio autor.

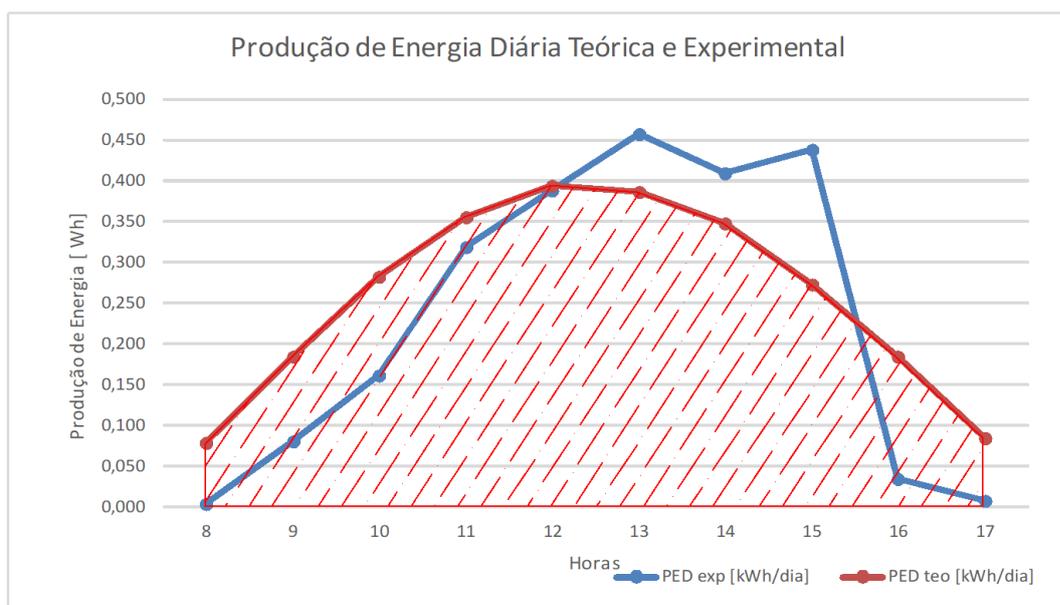


Figura 15 - Área do gráfico da produção de energia teórica.
Fonte: Próprio autor.

A área total em azul é de 46,87, enquanto a área em vermelho é de 46,88, praticamente equivalentes. A diferença entre as áreas da Figura 12 e Figura 15, representa o desvio percentual entre as produções de energia experimental e teórica. Essa diferença corresponde a 10,7% entre a produção de energia experimental que é de 2,3 kWh/dia contra a produção de energia teórica de 2,6 kWh/dia.

Portanto, caso não tivesse a sombra projetada, a produção de energia experimental para desse dia seria praticamente igual ao teórico.

O gráfico a seguir, representa as temperaturas médias de cada hora, através de sensores localizados:

- Na parte superior do reservatório térmico, onde há acumulação de água quente, em vermelho;
- Na parte inferior do reservatório térmico, próximo à alimentação de água fria, essa região concentra a água fria a ser aquecida, em azul;
- Abaixo do abrigo da bancada, para leitura da temperatura ambiente, retratada na cor verde;

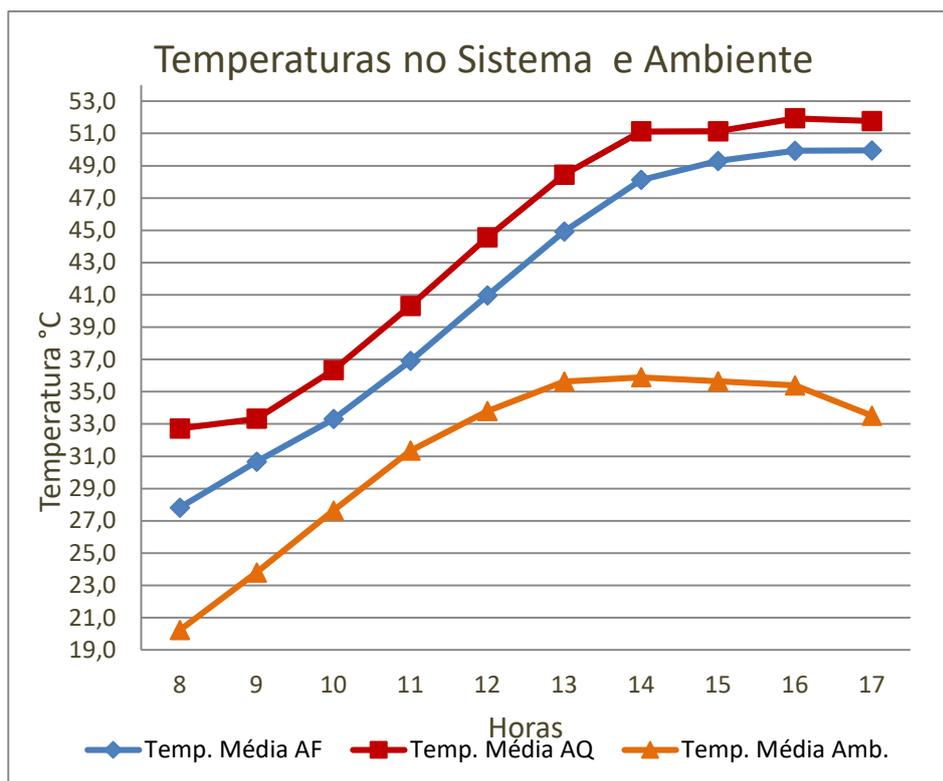


Figura 16 - Temperaturas no sistema e temperatura ambiente.
Fonte: Próprio autor, 2018.

A temperatura média da água quente na parte superior do reservatório térmico é crescente de acordo com a radiação solar incidente. Como o sistema foi programado para ter o consumo de água quente somente às 19:00 h, a temperatura média da água fria foi acompanhando a temperatura (em vermelho) decorrente a acumulação de energia adquirida. Por fim, a água quente armazenada tende a se homogeneizar, chegando a uma diferença de temperatura de 1,8 °C entre os pontos superiores e inferiores do reservatório térmico e próximo a 52 °C de acumulação.

Para realização do presente trabalho foi utilizado a metodologia de pesquisa bibliográfica, consulta a manuais técnicos, catálogos de produtos, e manuais de máquinas e a atual necessidade do mercado sobre o tema supramencionado.

A metodologia utilizada para a fabricação do equipamento está contida neste memorial.

Conclusão e Trabalhos Futuros

Com base nos estudos realizados, foi possível mensurar a importância do estudo e aprimoramento dos sistemas de aquecimento solar. De forma que o sistema elaborado contribui com a coleta de informações possibilitando

modificações, aprimoramentos e alterações nas bancadas a fim de verificar seu melhor rendimento. Além disso, possibilita que outras pessoas utilizem as bancadas de experimentação para fins didáticos e experimentais.

Com o avanço da tecnologia nos dias atuais, torna-se muito necessária a utilização da mesma para o seu próprio desenvolvimento. Uma vez que automações, como a apresentada no exposto trabalho, auxiliam com as análises de informações, elaboração de gráficos e relatórios técnicos.

Na prática foram encontrados alguns desafios em relação às verificações dos sensores de temperatura e do medidor de vazão, que estes, passaram por diversos testes e aferições até apresentar resultados dentro dos parâmetros de tolerâncias indicados pelos seus respectivos fabricantes. Além disso, houve problemas quanto às coletadas de dados que ficaram sem registros dias esporádicos devido às quedas momentâneas de fornecimento da rede de energia elétrica. Dessa forma, sugere-se a instalação de *Nobreak*.

Sugere-se também a realização de leituras durante todo um ano, para existir uma base de dados acessível, disponível para consulta. De forma que, qualquer curso de engenharia possa realizar modificações físicas e/ou virtuais, no que se refere a programações e parâmetros de acionamentos dos componentes em gerais, e comparar aos dados já coletados, identificando facilmente perdas ou ganhos de eficiência.

É possível utilizar a mesma metodologia para as demais bancadas disponíveis.

De forma geral, os resultados que foram alcançados, superaram as expectativas, pois foi possível realizar e comparar os dados práticos com a teoria dimensionada.

Retornando o pensamento de Cello Vieira, pesquisas que podem surgir a partir dessa, contribuem para que seja produzida uma energia mais limpa, sustentável e de menor impacto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTERNATIVE ENERGY TUTORIALS. **Evacuated Tube Collector**, s.d. Disponível em: <<http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-hot-water/evacuated-tube-collector.html>>. Acesso em: 10 ago 2018.

ANSI/ASHRAE, **Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors**, Washington, D. C, 93-2003.

ARDUINO. **Getting Started with Arduino and Genuino UNO**, 12 jan 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>>. Acesso em: 30 jun 2018.

BERGMAN, T. L. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2014.

CARDOSO, L. C. **Análise Comparativa de Métodos Para Cálculo da Captação de Energia em Coletores Solares Planos**. Tese (Mestrado em engenharia mecânica) Bauru/SP. 2016.

GEODESIGN. **CONHECIMENTO BÁSICO SOBRE O RECURSO SOLAR**, 2016.

Disponível em:
<http://recursosolar.geodesign.com.br/Pages/Sol_Rad_Basic_RS.html>. Acesso em: 9 jun 2018.

GOVERNO DO BRASIL. **Mais de 183 mil casas têm aquecimento solar no Brasil**, 17 out 2013. Disponível em:

<<http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2013/09/mais-de-183-mil-casas-tem-aquecimento-solar-no-Brasil>>. Acesso em: 04 ago 2018.

GUIMARÃES, A. P.C., **Estudo Solarimétrico com Base na Definição de Mês Padrão e Sequência de Radiação Diária**, Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, 1995.

HI-MIN SOLAR. **U-pipe Splar Collector**, s.d. Disponível em:
<<http://himinsun.com/2-1-u-pipe-solar.html>>. Acesso em: 10 ago 2018.

INMET, **Instituto Nacional de Metrologia**, s.d. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>>. Acesso em: 10 ago 2018.

INMETRO, **Regulamento Específico para uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE**, s.d., Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/regEspecifico.asp>>. Acesso em: 07 jul 2018.

KALOGIROU, S. A. **Engenharia de Energia Solar**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora LTDA., 2014.

MATTOS, O. D. ANAPP. **O Aquecimento Solar no Brasil**, 13 ago 2014. Disponível em: <<http://www.anapp.org.br/artigos/o-aquecimento-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 26 ago 2018.

OLIVEIRA, Á. D. **ANÁLISE DE CUSTOS ENTRE COLETORES**. Novo Hamburgo/RS. 2014.

RAIOSOL. **ESCOLHA O SISTEMA MAIS INDICADO PARA VOCÊ**, s.d. Disponível em:
<<http://www.raiosol.com.br/sistemas-de-aquecimento/>>. Acesso em: 07 jul 2018.

Pereira, E. M. D. atal, **Curso de Capacitação em Energia Solar -Manual do Professor**, Rede Brasil de Capacitação, Projeto Sol Brasil, 2010.

SINTEMA-MT. **ENERGIA SOLAR EXISTE FONTE DE ENERGIA MAIS POTENTE QUE O SOL?**, 19 abr. 2016. Disponível em:
<http://www.sintemamt.org.br/noticias/exibir.asp?id=885¬icia=Energia_solar_Existente_fonte_de_energia_mais_potente_que_o_sol>. Acesso em: 26 ago 2018.

VIDAL, M. DIRIGENTES. **Brasil é 3º país em ranking internacional de aquecedores solar**, mai 2016. Disponível em: <http://dirigentes.com.br/texto.php?id_artigo=6395&C=297&S=0>. Acesso em: 19 mai 2018.

Manipulador Robótico de Jogo da Velha

Robotic Game Manipulator Of The Old

Albertino Alves dos Santos
Ana Laura Costa
Andressa Silva de Carvalho
Celso Henrique Scachante
Dieison Teixeira Soares
Gilmar Neves Dos Santos Junior
Prof. Dr. Edval Rodrigues De Viveiros¹
Prof. Dr. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos²

Resumo

O manipulador robótico de jogo da velha, é um robô programado para executar movimentos de toques em uma tela touch, de forma a interagir com o usuário em um jogo da velha. Neste formato de jogo, o robô desempenha o papel de oponente do usuário, realizando as jogadas de acordo com nível de dificuldade escolhido por este.

Palavras-chave: Manipulador, Robô, Elo, Controlador, Programação.

Abstract

The hash sign game robotic manipulator, is a programmed robot to perform touch movements on a touch screen, so as to interact with user a hash sign. In this game format, robot plays the role of opponent of the user, making plays the according to level of difficulty chosen by the user.

Key words: Manipulator, Robot, Link, Controller, Programmed

Introdução

A robótica apesar de parecer recente, têm se desenvolvido ao longo dos anos, o termo “Robô” foi utilizado por Karel Capek em 1923, dando a ideia de um “homem mecânico”, sendo empregado em livros de ficção. Porém no século IX A.C.

¹ Graduado em Física, Doutor e Mestre em Educação para a Ciência pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, edvalrv@hotmail.com

² Engenheiro de Controle e Automação, Doutor e Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

Aristóteles já revelava sobre instrumentos e ferramentas que realizariam trabalhos, sem o auxílio do homem (ROSÁRIO, p. 27, 2010).

Em 1959, Devel e Joseph F. Engelberg desenvolveram o primeiro robô industrial, este apresentava uma variedade de funções que eram realizadas automaticamente. Em 1973 com projeto de Richad Hohn, na Cincinnati Milacrom, ocorre o lançamento do primeiro robô industrial controlado por minicomputador, T3. Em 1978 a *Unimation* desenvolve o robô PUMA - (*Programmed Universal Machine for Assembly*) e no Japão, em 1979, pela universidade Yamanashi é desenvolvido o robô SCARA (*Selective Compliance Arm for Robotic Assembly*). (SCHIRMER, 2005, p. 03). Inovações tecnológicas são realizadas desde então.

A *Robotic Industries Association* (Associação das Industrias da Robótica) define um robô como um dispositivo mecânico articulado reprogramável, que consegue, de forma autônoma e recorrendo à sua capacidade de processamento obter informações do meio através de sensores, assim tomando decisões com base nessas informações e programação e desta forma manipulando objetos por meio de atuadores.

Existe uma variedade de critérios que podem ser utilizados na classificação dos braços robóticos, porém, é mais comum a classificação de acordo com sua juntas e graus de liberdade (ROSÁRIO, p. 62, 2010). Sendo assim, temos: o braço robótico de coordenadas cartesianas, coordenadas cilíndricas, coordenadas esféricas, os braços articulados vertical e horizontal e o SCARA (ROMANO,DUTRA, p. 06, 2002).

O projeto apresentado trata-se de um braço robótico com três graus de liberdade, de finalidade recreativa, ao qual interage como oponente em um jogo da velha. Tendo desta maneira como objetivo principal, demonstrar princípios básicos de automação, mecânica e elétrica.

Material e Método

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada pesquisa exploratória bibliográfica consistindo no levantamento de dados teóricos que fundamentem a

investigação, tendo como fontes livros, teses de mestrado e doutorado, artigos e periódicos publicados na internet.

Foi adotado para este trabalho, uma estrutura de manipulador robótico desenvolvida, com três graus de liberdade.

Os movimentos realizados pelo manipulador, são programados para serem executados da seguinte forma:

- 1- Ao inicializar o jogo o manipulador ocupa uma posição de referência;
- 2- Após analisar a jogada a ser feita, o manipulador se movimenta até o ponto a ser tocado na tela touch, para realizar a jogada, por meio de atuação dos motores, de acordo com cada coordenada recebida.
- 3- Realizado o toque na tela touch, o próximo movimento do manipulador é de retorno ao ponto de referência.

Os movimentos se repetem para todas as jogadas, modificando somente a posição selecionada a ser tocada na tela touch.

Foi analisado o tamanho padrão da tela touch a ser utilizada no trabalho, para estipular sua localização na área do projeto, e dimensionar distâncias e estrutura do manipulador.

Através do uso de fórmulas trigonométricas, foram dimensionadas as posições e o comprimento máximo de cada elo a compor a estrutura do manipulador robótico. Levou-se em consideração as distâncias máximas e mínimas a serem alcançadas pelo manipulador, sendo elas localizadas sempre nos cantos da tela touch. A partir de então foi possível obter coordenadas que foram transmitidas a cada motor, em forma de movimento angular.

Considerando que a tela touch adotada é relativamente leve e possui pequenas dimensões, que a estrutura dimensionada para o manipulador não exige grandes esforços, que o protótipo a ser desenvolvido tem finalidade acadêmica e por fim, que o presente trabalho tem como pressuposto, ser elaborado com custos reduzidos. Foram adotados para sua construção, materiais leves, de baixo custo e que suprem as necessidades do projeto.

Dentre muitos encontrados a madeira foi a mais destacada para a escolha da fabricação, dos elos de movimentos (braço e antebraço), devido a sua menor densidade, fácil usinagem, acabamento e disponibilidade no mercado, além de possuir um valor econômico menor em relação a outros materiais.

Buscando construir uma base que suportasse todo o peso da estrutura do braço, optou-se pela escolha do nylon, como material para a construção da mesma. Este material proporcionou um bom resultado, o nylon possui uma vantajosa resistência, fácil usinabilidade e uma densidade favorável, assim se mostrando excelente para as características desejadas na construção da base.

Para a execução dos giros, o braço necessita de juntas que são unidas através de eixos com rolamentos, que facilitam os seus movimentos reduzindo o atrito entre as peças. Os esforços radiais e axiais a serem submetidos os rolamentos neste projeto, são relativamente pequenos e dentre os diversos tipos de rolamentos existente, foram selecionados rolamentos fixo de uma carreira de esfera blindado, que além de transmitir uma boa precisão nos giros, dispõem também de proteção contra a penetração de corpos estranhos, previne a entrada de contaminantes e retém o escoamento de graxa.

Atualmente, existem vários dispositivos que podem ser empregados na automação, para atuar como controlador de uma aplicação. Na indústria é tipicamente empregado o uso de CLP (Controlador Lógico Programável), devido a inúmeros fatores, como a sua robustez, resistência a ambientes agressivos, capacidade de processamento entre outros. Para este projeto foi utilizado o Arduino. É uma placa composta de um **microcontrolador Atmel**, é um circuito com entradas e saídas e que pode ser facilmente conectado à um computador e programado via **IDE** (*Integrated Development Environment*, ou *Ambiente de Desenvolvimento Integrado*), utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB.

O Arduino foi criado para atuar como uma ferramenta voltada para prototipagem, pela sua praticidade e facilidade de manipulação e atualmente é usado para desenvolver vários tipos de projetos de pequeno porte. Para este projeto foi selecionado o modelo Arduino Mega 2560 R3, que possui microcontrolador ATmega2560, com tensão de operação de 5V e alimentação de 7 a 12V, 54 portas digitais, sendo que 15 podem ser usadas como PWM, 16 portas analógicas, pinos com intensidade de corrente de entrada e saída de 40mA a 50mA, memória Flash de 256KB e Velocidade do clock de 16MHz.

Para realizar o papel de atuadores foram utilizados servomotores. O servomotor possui excelentes características de torque e mais, excelente

possibilidade de posicionamento, sendo ideal em aplicações que é preciso efetuar a rotação controlada de um eixo. (CARVALHO, 2011, p. 223).

Esse tipo de motor, permite realizar o posicionamento de seu eixo, estipulando quantos graus o mesmo deve se mover. Foram selecionados os modelos Micro Servo 9g Tower Pro Sg90 e Mg995, torque de 1,6 e 13 kg-cm, ambos com tensão de operação de aproximadamente 6V.

Foi desenvolvido um circuito de potência para a alimentação da placa controladora Arduíno e servomotores, utilizando componentes como reguladores de tensão LM05 e LM09, resistores, capacitores e diodos.

As Figura 1, 2 e 3, representam o protótipo desenvolvido e os componentes do manipulador robótico.



Figura 1 – Braço, Ante-Braço com Pinça e Base (Da Esquerda para a Direita)

Fonte: Própria (2018).

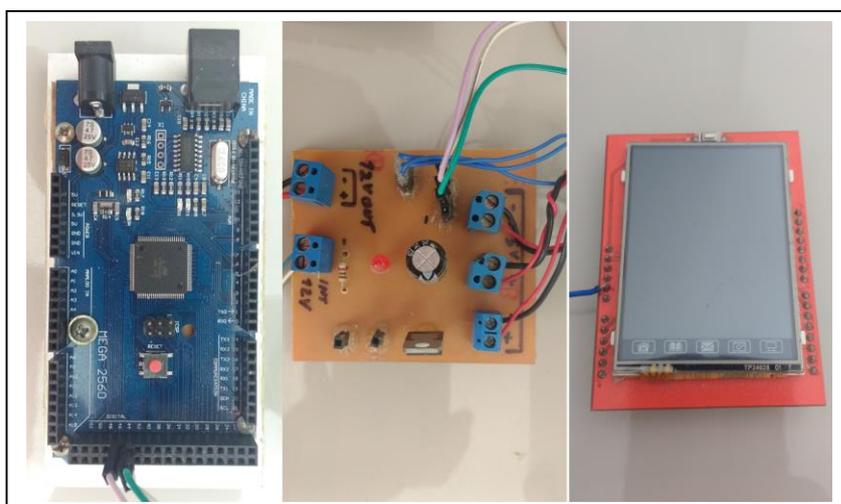


Figura 2 – Controlador Arduino, Circuito e Tela Touch (Da Esquerda para a Direita).

Fonte: Própria (2018).



Figura 3 – Manipulador Robótico De Jogo da Velha

Fonte: Própria (2018).

Discussão

O manipulador robótico atingiu os resultados esperados pelo grupo. Foram feitos vários testes de posicionamento para regular o toque na tela touch. Devido as dimensões dos quadrantes que foram desenhados serem relativamente pequenos, proporcional ao tamanho da tela touch e algumas imprecisões ocasionadas pelo fator sensibilidade deste equipamento, foram necessários vários ajustes e calibração do manipulador robótico.

Após vários testes uma das dificuldades apresentadas, foi em relação ao movimento do segundo elo no manipulador robótico. O servo-motor com o mecanismo de movimento dimensionado para esta tarefa, não suportavam todo o esforço exigido para executar corretamente a movimentação. Devido a massa do elo ter sido dimensionada de forma excessiva, aliado a carga do mecanismo de movimento da pinça, no final do segundo elo, o torque se tornou excessivo para o servomotor dimensionado. Este problema foi solucionado efetuando a troca por outro servomotor, com maior capacidade de torque.

Após a troca do servo motor, foram realizados os testes de movimentação. O movimento de levantamento não apresentava mais complicações. O movimento de giro do manipulador robótico funcionou perfeitamente, não apresentando nenhuma dificuldade. A base junto com o rolamento, foram bem fixados e não apresentaram problemas como vibração e desalinhamento entre o elo e o motor.

Após os testes foi possível ver o resultado do trabalho, onde pequenas falhas, mas não continuas, com a pressão que a pinça executava em cima da tela touch screen. Essas falhas foram causadas devido a problemas mecânicos, como folgas em partes da estrutura do manipulador. A maioria das folgas foram recorrentes da imprecisão na usinagem do material, no momento da produção das peças, haja vista que esta operação foi realizada pelos próprios integrantes do grupo os quais não possuem experiência e perícia necessária para esta atividade.

Entretanto, nada que prejudicasse a disputa do jogo entre o homem e a máquina, propósito do trabalho, podendo ser estas falhas corrigidas até mesmo por meio da automação, com um sistema de verificação, após a execução de cada jogada.

Considerações Finais

Os objetivos do presente trabalho foram alcançados, com a tarefa corretamente executada pelo manipulador robótico produzido, onde uma máquina interagiu com o usuário em um jogo da velha.

O sistema desenvolvido pode ser aperfeiçoado para ser empregado em outros trabalhos ou mesmo para executar funções mais complexas dentro do mesmo propósito, incrementando novos módulos na programação e mudando-se a estrutura do manipulador robótico por exemplo.

Algumas tarefas exigem um volume de trabalho diferente, para isso outros tipos de manipuladores robótico como os citados no início deste trabalho são mais indicados.

A depender do nível de automação a ser exigido, existem vários outros tipos de componentes que também podem ser utilizados e são facilmente encontrados, como motores de passo, encoders, sensores de vários tipos distância, luminosidade, pressão, temperatura entre outros. Para prototipagem de trabalhos como este e pequenos projetos de automação, o Arduíno desempenha um ótimo papel de

controlador, mas existem dispositivos que podem desempenhar também esta função, como o raspberry pi e vários outros.

As bibliografias constantes neste trabalho, desempenharam um papel muito importante para o seu desenvolvimento, sendo fontes de informações excelentes para uma melhor compreensão, não somente deste projeto, como também de outros trabalhos neste segmento, além de contribuir formando uma base, que desperta a criação de novas ideias em seus leitores

Referências

CARVALHO, Geraldo. Máquinas Elétricas Teoria e Ensaio, São Paulo, 4ª. Edição. Erika, 2011.

MCRBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo. Novatec Editora Ltda. 2011.

ROMANO, Vitor Ferreira. **Robótica Industrial – Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos**. 1ª ed. São Paulo. Edigard Blucher LTDA. 2002.

Sarkis Melconian. **Elementos de Máquinas**. 9ª ed. São Paulo Erica. 2009

SCHIRMER, Leo. **Modelagem Do Robothron - Um Manipulador De Barras Paralelas**. 2005. Dissertação como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Automação Industrial. Centro de Ciências Tecnológicas da UDESC. Joinville - SC.

SELEME, Robison; SELEME, Roberto Bohlen. **Automação da Produção: Uma Abordagem Gerencial**. 2ª ed. Curitiba. IbpeX. 2012.

Desenvolvimento de equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa

Development of rotary bending fatigue test equipment.

Bruno Baccini Cortes¹
Carlos Henrique Mendes²
Igor Raffa³
Josuel Ribeiro⁴
Matheus Victorino Sampaio⁵
Matheus Hiroshi Kavano⁶
Theo Soliani⁷
Thiago Craveiro Jácomo⁸
Prof. MsC. Odilon Caldeira Filho⁹

Resumo

O projeto trata do desenvolvimento de um equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa, onde serão realizados testes em materiais metálicos com a finalidade de determinar a resistência mecânicos de materiais à uma flexão sofrida por um corpo de prova durante o período em que o mesmo está sob rotação. O funcionamento é simples e aumenta a confiabilidade de projetos mecânicos, tendo em vista que fica possível o conhecimento do comportamento dos materiais quando são submetidos a esforços por flexão rotativa. O projeto foi baseado na norma ISO-1143:2010, que estabelece os parâmetros para a realização de ensaios por flexão rotativa em materiais metálicos.

Palavras-chave: Desenvolvimento, Ensaio, Fadiga, Flexão, Rotativa, Norma.

Abstract

The project deals with the development of a rotary flexural fatigue test, where tests are made on metallic materials with a mechanical resistance requirement of materials at a flexion suffered by a test piece during the period during which it is under rotation. Its simple and increases the accuracy of mechanical designs in view of the possibility that the

¹ Acadêmicos do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

² Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

³ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

⁴ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

⁵ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

⁶ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

⁷ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

⁸ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, e-mail

⁹ Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, odiloncal@gmail.com

responsiveness of the materials may be flexible during rotary bending. The project was based on ISO-1143: 2010, which establishes the parameters for rotating bending tests in metallic materials.

Key words: Development, Testing, Fatigue, Flexion, Rotating, Standard.

Introdução

Entre as diversas propriedades dos materiais, uma das que mais se destaca é a resistência a fadiga, onde a maioria das máquinas e equipamentos que estão sujeitos a este tipo de esforço e dependendo da ocasião, onde esses esforços são repetidos várias e várias vezes sem cessar, podem provocar a falha do material, causando de uma simples parada na produção à até mesmo uma catástrofe em casos mais graves. Essa falha é ocasionada pela fadiga dos materiais e a maioria das falhas mecânicas (50 a 90 %) ocorre por esse fenômeno, sendo que acontecem majoritariamente de forma repentina (ROSA, 2002).

O ensaio de fadiga é dinâmico, onde corpos de prova padronizados são submetidos a esforços repetidos ou alternantes de tal forma a reproduzir as condições de uso do material e estabelecer parâmetros de segurança para as aplicações práticas, podendo ser obtido através de diferentes formas, tais como tração, compressão, flexão alternada e flexão rotativa. No caso do ensaio por flexão rotativa, um corpo é submetido a aplicação de força através da suspensão de uma carga e a um número de ciclos, onde com essas duas informações torna-se possível a elaboração de um diagrama de fadiga, ou diagrama S – N (Tensão x Ciclos). Geralmente falhas por fadiga são possíveis de identificação, mostrando fraturas na superfície do corpo, com o uso de equipamento adequado o ensaio pode ser realizado em um certo tipo de material submetido a estes esforços.

O objetivo deste trabalho está pautado no ideal de projetar e desenvolver um equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa. Para esse fim, é de suma importância a utilização da norma que especifica e padroniza esses tipos de ensaios. Sendo assim a norma utilizada foi a ISO 1143:2010 - Metallic materials: Rotating bar bending fatigue testing que rege esse tipo de ensaio.

Outro objetivo é reduzir os custos deste equipamento, tendo em vista que para fins didáticos este equipamento acaba se tornando pouco viável devido a seu elevado preço.

A proposta para realização deste projeto foi para que o mesmo atenda às necessidades acadêmicas, elevando os conhecimentos dos graduandos de engenharia da mesma maneira que um adquirido junto a uma empresa já difundida no mercado, porém com um baixo custo de aquisição em torno de 3 mil reais.

Referencial teórico

Os ensaios de fadiga por flexão rotativa necessitam de um embasamento teórico bem fundamentado, pois esses tipos de ensaios determinam a resistência mecânica dos materiais. Tratando-se de fadiga, este tipo de ensaio é definido por uma falha apresentada por determinado material quando sujeito a tensões dinâmicas e oscilantes. É possível que a falha ocorra em um nível de tensão menor que seu limite de resistência à tração, o termo fadiga é usado para falhas que ocorrem após a exposição do material a tensões repetidas.

Fadiga

A fadiga é um estudo de suma importância quando se deseja realizar um projeto ou determinada máquina, pois é a maior causa individual de falhas nos metais representando quase 90% de todas as falhas. (NORTON, 2013).

A análise de fadiga em um material apresenta grande importância dentro de um projeto mecânico, já que a imprevisibilidade das falhas por fadiga dificulta a previsão de quando e onde essa ruptura irá ocorrer. A fadiga provoca a propagação de trincas geralmente visualizadas com ajuda de equipamentos de análise, gerando ruptura à medida que as trincas surgem.

Resistência a fadiga

A resistência a fadiga é um ponto que se deve dar muita atenção, pois a maioria das máquinas e equipamentos estão sujeitos a esforços cíclicos e conhecer esses valores podem evitar falhas mecânicas ocasionada pela fadiga. Segundo Rodrigues (1990), a resistência mecânica de um material pode ser definida como a habilidade de resistir a cargas que lhe são impostas durante sua utilização, sem deformar excessivamente ou fraturar.

Curva S - N

O diagrama ou curva S - N é a forma como são apresentados os resultados obtidos em um ensaio de fadiga. Os parâmetros envolvidos neste diagrama são: A tensão aplicada (S) em um corpo de prova preso em suas duas extremidades e o número de voltas que este corpo dá em torno de seu próprio eixo (N).

Para a elaboração de um diagrama como o descrito acima, é necessário a realização de mais de um ensaio destrutivo de fadiga, visto que cada ponto da curva representa o número de ciclos (N_1 , N_2 e N_3) que um corpo de prova conseguiu realizar à uma determinada tensão (S_1 , S_2 e S_3). Conforme pode ser observado na Figura 1, o número de ciclos que um determinado material resiste, aumenta à medida que a tensão aplicada diminui. Outra observação importante para a curva é que a um certo nível de tensão, a curva torna-se quase que horizontal, fato esse que significa que à aquela tensão, o corpo de prova tem durabilidade tendendo ao infinito, sendo esta tensão dada como o limite de fadiga.

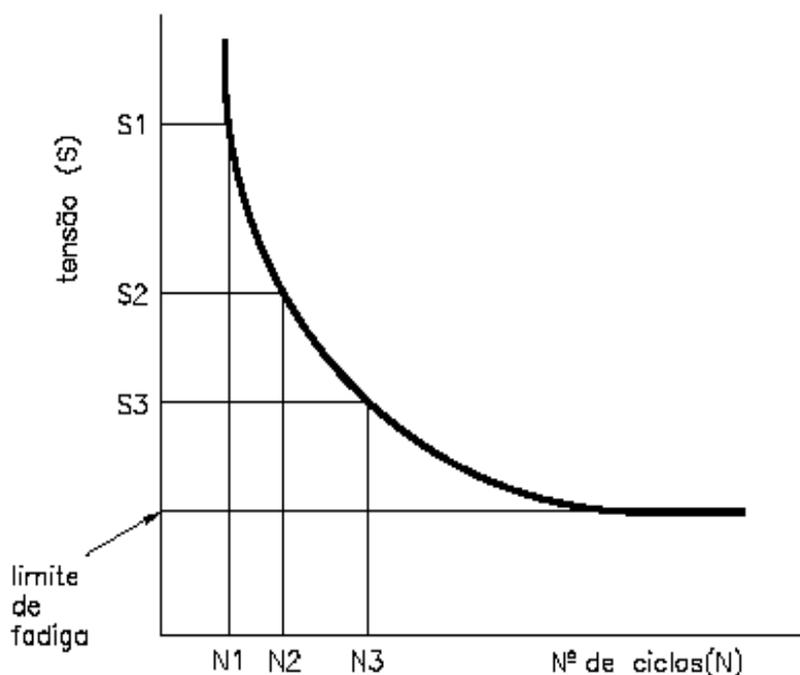


Figura 1: Diagrama representativo S - N.
Fonte: ESSEL (2018).

Normalização

Para o desenvolvimento deste equipamento de ensaio de fadiga foi necessário a orientação de algumas normas. Para que houvesse padronização e confiabilidade dos dados fornecidos durante a realização dos ensaios, uma dessas normas é a considerada mais importante, a ISO 1143:2010 - Metallic materials: Rotating bar bending fatigue testing. Esta norma especifica os ensaios de fadiga e as medidas dos corpos de prova, de acordo com cada tipo de equipamento de ensaio de fadiga, que tem a finalidade de ensaiar materiais metálicos. Para fim de segurança dos operadores foi utilizado a norma regulamentadora 12 - Proteção do eixo de transmissão, foi feita uma proteção de acrílico em torno do eixo tornando o equipamento seguro.

Ensaio de fadiga por flexão rotativa

Há dois tipos de ensaios de fadiga por flexão rotativa, o ensaio de Wöhler e o ensaio de R. R. Moore, visto que a norma ISO:1143 - 2010, utilizada neste trabalho é baseada nesses dois tipos de ensaios. Este equipamento foi todo baseado no equipamento de R.R. Moore, onde o corpo de prova é fixado nas suas duas extremidades e submetido a rotação e carga constante como ilustrado na figura 2.

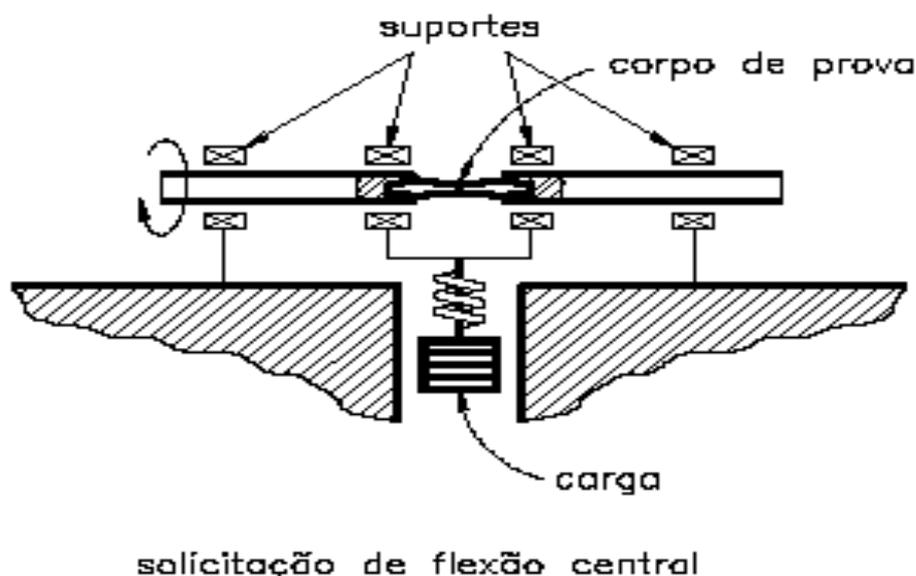


Figura 2: Ensaio de fadiga de R.R. Moore.

Fonte: SOUZA (1977).

Metodologia de fabricação

Para o desenvolvimento do projeto de construção de um equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa foi utilizado as propostas de metodologia propostas por Norton (2013) e Shigley (2005).

Fase	Descrição
Identificação da necessidade	Projetar, calcular e fabricar uma máquina de ensaios de fadiga por flexão rotativa.
Definição do problema	Desenvolver, construir uma máquina compacta e resistente e que tenha um baixo custo.
Síntese	Projetar e fabricar a máquina como auxílio de um profissional da área.
Avaliação	Elaboração de croquis da ideia da máquina, detalhamento desta ideia em 2D e 3D, aquisição de ferramentas e peças, fabricação e montagem e enfim realização dos ensaios de fadiga nos corpos de prova

A máquina para ensaio de fadiga por flexão rotativa necessita de uma estrutura rígida, para que seja possível a sustentação e fixação dos elementos que a compõem, que são: motor – fornece rotação e torque ao sistema; eixo para a transmitir rotação e o torque; Acoplamento flexível – unir eixo do motor com o eixo do sistema; Mancais – apoio do eixo do sistema; Rolamentos – diminuir atrito; Mandris – fixação do corpo de prova.

A figura 3 traz uma montagem com todos os elementos necessários para a construção do equipamento de ensaio.

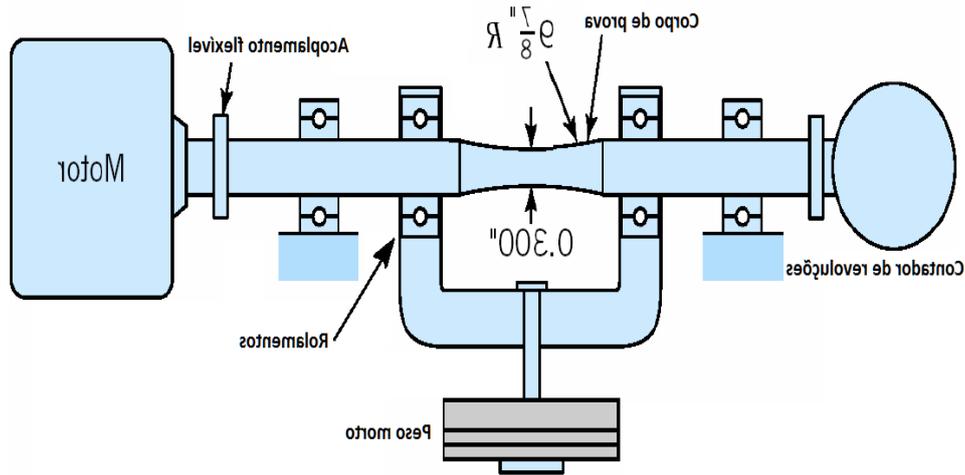


Figura 3: Esquema de funcionamento da máquina de R.R. Moore de flexão rotativa.
Fonte: RODRIGO NOGUEIRA (2014).

Após juntar todas as referências bibliográficas e definido o tipo de equipamento de ensaio, foi realizado vários croquis com base na máquina de R.R. Moore, e com base na norma ISO 1143:2010 - Metallic materials: Rotating bar bending fatigue testing e em resistência dos materiais foi dimensionado as dimensões do equipamento. A figura 4 mostra o croqui final.

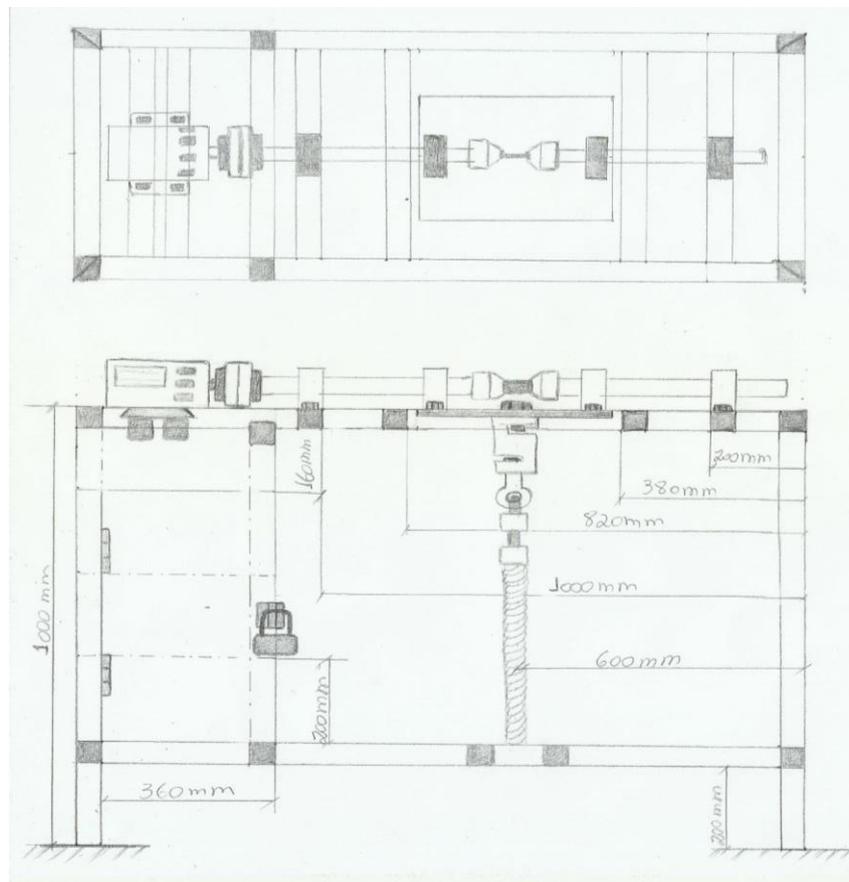


Figura 4: Croqui da máquina de ensaio de fadiga por flexão rotativa.

Fonte: Próprio Autores.

Com o croqui já pré-definido iniciou-se o desenvolvimento via software, que, no caso deste projeto (figura 5), foi utilizado a plataforma *SolidWorks*. Realizado essa etapa partiu-se para a compra dos materiais e componentes mecânicos necessários.

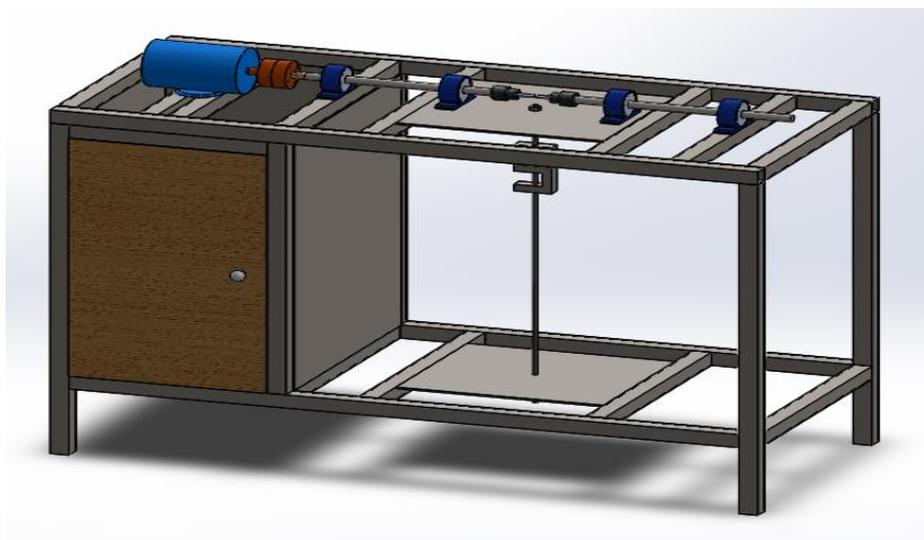


Figura 5: Projeto vista em 3D, desenvolvido na plataforma SolidsWorks.

Fonte: Próprio Autores.

A estrutura do projeto é a parte mais crítica, pois deve ser dimensionado corretamente para que suporte todos esforços que a máquina sofrerá (vibração, tração, compressão) sem que haja nenhuma deformação elástica, sendo que a mesma terá uma carga máxima de flexão de 1000 Newtons. Com isso optou-se por vigas tubular quadrada de aço ABNT 1020, por ser um material com um bom acabamento e resistente. A viga utilizada foi de 40 x 40 x 3 mm para as partes da estrutura que sofrerão maior esforço, 40 x 40 x 2 mm para as que não sofrerão esforço considerável e uma chapa aço ABNT 1020 de 2000 x 1500 x 2 mm para parte superior e laterais da estrutura. Essas medidas apresentaram boa resistência a tração nos testes feitos no SolidWorks sem que houvesse alguma deformação (flexão), das vigas como se pode ver na figura 6.



Figura 6: Ensaios da estrutura realizado via SolidWorks.
Fonte: Próprio Autores.

Após o dimensionamento e compra de materiais, deu-se início à construção e montagem da estrutura (figura 7). Ela foi realizada com um auxílio de um serralheiro devido à necessidade da qualidade e resistência do cordão de solda, para que a estrutura esteja totalmente dentro das tolerâncias.



Figura 7: Montagem da estrutura da máquina de ensaio de fadiga.
Fonte: Próprio Autores.

Com toda estrutura já finalizada iniciou-se a montagem dos componentes. No projeto foi utilizado um motor de 3500 rpm com uma potência de 0.5 CV, que tem a função de imprimir movimento rotativo ao corpo de prova. O eixo do sistema conta com um diâmetro de 30 mm unido ao motor por um acoplamento flexível que transfere o movimento rotativo para o corpo de prova. Para sustentação do eixo utilizou-se 4 mancais do tipo P206 com rolamentos Ucp206 do tipo esfera de 30 mm de diâmetro com capacidade de carga radial. Em uma das extremidades dos eixos foi

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

inserido um mandril de 13 mm, que tem a função de fixar o corpo de prova ao eixo de transmissão. A figura 8 ilustra o equipamento já com os componentes fixados.



Figura 8: Máquina de ensaio de fadiga com seus componentes montados.
Fonte: Próprio Autores.

Resultados e Discussão

Os testes de validação do equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa, confirmaram que o projeto foi desenvolvido de acordo com a norma ISO 1143 – 2010, visto que a solicitação de cargas provocou o rompimento dos CP's dentro da zona de diâmetro útil, fato esse que torna válidos e confiáveis os ensaios conduzidos no equipamento. Para isso foram usinados, convencionalmente e em CNC, corpos de prova para serem ensaiados no equipamento. A princípio, realizou-se um único ensaio para a análise dos dados produzidos no equipamento e foi possível verificar que o equipamento estava realizando a flexão corretamente sobre o corpo de prova.

A figura 9 apresenta o corpo de prova que fará o teste do equipamento. É fabricado em aço ABNT 1045 e usinado em torno CNC. Não foi realizado polimento

do material ou outro tipo de tratamento. O corpo de prova foi fixado no equipamento e submetido a uma carga de 300 N, seu ensaio durou aproximadamente 75 segundos, com um total de 4570 ciclos.



FIGURA 9: Corpo de prova utilizado no ensaio de teste do equipamento.

FONTE: Autores.

A figura 10 apresenta o corpo de prova rompido e como pode ser constatado, o equipamento exerceu corretamente a flexão sobre o corpo de prova pelo fato do mesmo ter se rompido exatamente no seu centro e dentro dos limites do seu diâmetro útil. Após realização do ensaio, foi feita a análise do local do rompimento através de um microscópio, pois as linhas de praia do material são impossíveis de serem visualizadas sem o auxílio de lentes. Pode ser comprovado através do microscópio, que todas as características de um rompimento por flexão rotativa estão presentes, como linhas de praia, zona de ruptura final, cisalhamento e ponto de nucleação da trinca, apresentadas na figura 11. Após estas análises, constatou-se que o equipamento estaria apto para dar continuidade na realização dos ensaios de fadiga.



FIGURA 10: Corpo de prova rompido após ensaio de fadiga.

FONTE: Autores.



FIGURA 11: Imagem microscópica do local de rompimento do corpo de prova.

FONTE: Autores.

Considerações Finais

Tomando como base todos os estudos realizados sobre fadiga, pode se concluir que um corpo, operando dentro dos seus parâmetros de resistência poderá entrar em colapso, e a este fenômeno é dado o nome de falha por fadiga. Tem-se por concluído também que um elemento de máquina, produzido em material metálico, submetido a um esforço dinâmico cíclico, tende a resistir bem menos do que a mesma peça submetida a um esforço estático. Dentre os principais fatores que influenciam diretamente o processo de fadiga estão: A carga aplicada e o número de ciclos ao qual um elemento é submetido. Outros fatores também interferem de maneira secundária como por exemplo: Ambiente corrosivo, rugosidade da peça e até mesmo a temperatura de operação. O segmento de estudos relacionados a fadiga dos materiais ainda é relativamente pouco explorado, se comparado a outros fatores relacionados a vida útil de um equipamento ou elemento de máquina, visto que grandes autores separam apenas duas ou três páginas de seus livros para tratar do tema. O ensaio de fadiga por flexão rotativa, o qual foi abordado neste trabalho, é atualmente o ensaio de fadiga mais difundido, tanto no meio acadêmico quanto nas indústrias. Dentre outros objetivos, ficou conclusivo também que é possível sim projetar e desenvolver um equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa em

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

um patamar de custo bem menos elevados do que no caso de uma aquisição direta de um fabricante.

O equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa que foi projetado e desenvolvido, e poderá ser utilizado didaticamente a modo de enriquecer ainda mais as aulas relacionadas a materiais de construção mecânica e resistência dos materiais. O equipamento também poderá atender a possíveis interesses na área de pesquisa de materiais e se isso vier a acontecer, bons trabalhos poderão ser publicados.

Referências

ABRAHÃO, R. R. R.; BITTENCOURT, C.; TSURUTA, K. M.; RADE, R. S. L. **Fadiga em Materiais - Uma Revisão Bibliográfica**. In: XII Seminário de Iniciação Científica, 2008, Uberlândia.

ARDUINO UNO – **Identificação das portas digitais**, 2018. DISPONIVEL EM < www.arduino.cc> Acessado em 20 de setembro de 2018.

AYRTON. **Ayrton Senna ainda vive**, 2018. DISPONIVEL EM < <http://ayrtonsennavive.blogspot.com/>> Acessado em 20 de Abril de 2018.

BRM. **Catalogo de rolamentos**, 2014. DISPONIVEL EM < http://www.dprrolamentos.com.br/catalogo/brm/brm_web.pdf> Acessado em 20 de Maio de 2018.

CALLISTER Jr., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 7ª ed. Editora LTC, 2008.

CIMM. **Material didático**, 2017. DISPONIVEL EM <https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6571introducao#.WuIWxYjwZx> Acessado em 23 de Abril de 2018.

COLLINS, J. A. **Failure of Materials in Mechanical Design: Analysis, prediction, prevention**. 2. ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons INC, 1993.

DOWLING, Norman E. **Mechanical Behavior of Materials – Engineering Methods for Deformation, Fracture and Fatigue**. 4. ed. 2012

ENGBRASIL. **Ensaio mecânicos dos materiais**, 2018. DISPONIVEL EM < <http://www.engbrasil.eng.br/pp/em/aula11.pdf>> Acessado em 2 de Maio de 2018.

ESSEL . **Ensaio de Materiais**, 2017. DISPONIVEL EM <<http://essel.com.br/cursos/material/01/EnsaioMateriais/ensa15.pdf>> Acessado em 20 de Abril de 2018.

FILIPE FLOP – **Módulo serial I2c**, 2018. DISPONIVEL EM < <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-serial-i2c-para-display-lcd-arduino/>> Acessado em 23 de setembro de 2018.

FILIPE FLOP – **Sensor de obstáculo infravermelho IR**, 2018. DISPONIVEL EM < <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-obstaculo-infravermelho-ir/>> Acessado em 25 de setembro de 2018.

GARCIA AMAURI. **Ensaio dos Materiais**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2012. Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. Pearson Prentice Hall, 2010.

INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS. **Estudos de casos**, 2015. DISPONIVEL EM <<http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2014/02/caso-060-avioes-comet-falhas-por-fadiga.html> > Acessado em 16 de Abril de 2018.

INSTITUTO DIGITAL - **Display LCDs**, 2018. DISPONIVEL EM <<http://www.institutodigital.com.br/pd-115245-display-lcd-16x2-com-backlight-azul-branco.html>>. Acessado em 23 de setembro de 2018.

INSTRON. R.R MOORE - **Rotating Beam Fatigue Testing System**, 2004. DISPONIVEL EM <https://depts.washington.edu/mstlab/equip_pics/pod_rrmoore_rev6_0807.pdf > Acessado em 10 de Abril de 2018.

LIDER BALANÇAS - **Celulas de carga traça/compressão**, 2018. DISPONIVEL EM <<https://www.liderbalancas.com.br/produtos/celula-de-cargas>>. Acessado em 21 de setembro de 2018.

MOTT, Robert L. **Elementos de Máquinas em Projetos Mecânicos**. 5. ed. Pearson, 2015.

NORMA ISO 1143. **Metallic materials: Rotating bar bending fatigue testing**, 2010.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RODRIGUES, R.S. **Teste de Materiais**. 1. Ed. Mogi das Cruzes – SP, 1990.

ROSA, E. **Análise de Resistência Mecânica: Mecânica da Fratura e Fadiga**. Universidade Federal de Santa Catarina; Departamento de Engenharia Mecânica. Santa Catarina, 2002.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SOUZA, S. A. **Ensaio Mecânico de Materiais Metálicos: Fundamentos teóricos e práticos**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 1982.

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

TAKAHASHI, B. X. **Metodologia Moderna para Análise de Fadiga Baseada em Elementos Finitos de Componentes Sujeitos a Fadiga Uni e Multiaxial.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

ZOLIN, Ivan. **Ensaio Mecânicos e Análise de Falhas**, 2011. DISPONIVEL EM <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autom_ind/ensaios_mec/161012_ens_mec_an_fal.pdf> ACESSADO EM 20 de Abril de 2018.

Desenvolvimento de Liftdáver

Development of Liftdaver

André Casagrandi¹
Bruno Pires Caproni da Silva²
Celso Félix de Souza Junior³
Daniel Yuji Kanezawa⁴
Eliedson Diego Fernandes Negrão⁵
Fabício Luís Conde⁶
Flávio José Marques⁷
Lucas Figueiredo da Silva Ferreira⁸
Paulo Henrique Silva Leal⁹
Prof. Dr. Edval Rodrigues de Viveiros¹⁰
Prof. Me. Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares¹¹
Prof. Eng. Me. Daniel Lucas Oliveira¹²

¹Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, enghariasasagrandi@yahoo.com.br

²Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, brunocaproni.s@gmail.com

³Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, celsofelixsouza@hotmail.com

⁴Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, daniel_kanezawa@hotmail.com

⁵Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, diegoonegrao@hotmail.com

⁶Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, fabricaonnde@outlook.com

⁷Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, flavio_marx@yahoo.com.br

⁸Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, lucas_ffigueiredo@hotmail.com

⁹Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, paulo.leall@hotmail.com

¹⁰ Docente, Orientador do Unisalesiano de Araçatuba, edvalrv@hotmail.com

¹¹ Docente, Co-orientador do Unisalesiano de Araçatuba

¹² Docente, Co-orientador do Unisalesiano de Araçatuba

Resumo

O presente projeto teve como objetivo desenvolver e construir um equipamento para minimizar o grande esforço feito por parte dos envolvidos com o transporte e manutenção dos cadáveres utilizados no estudo do curso de Medicina do UniSalesiano de Araçatuba. A ideia do projeto surgiu a partir de um equipamento similar, desenvolvido e construído pelo mesmo grupo de alunos. O projeto teve início com o desenho do equipamento através do *software* Autodesk Inventor 2016, com o qual também foram feitas simulações para testar a resistência dos materiais e o centro de gravidade. A estrutura do equipamento foi feita em aço inoxidável AISI 304, devido a presença de formol nos tanques de acondicionamento dos cadáveres. O equipamento conta com um atuador elétrico com acionamento por controle remoto e alimentado por baterias. Após varias simulações computacionais e testes físicos, o equipamento foi entregue ao corpo de docentes e encontra-se em funcionamento.

Palavras-chave: Lift, cadáver, içamento, medicina.

Abstract

The present project aims to develop and build an equipment to minimize the great effort made by those involved with the transportation and maintenance of the corpses used in the study of the medical course of the UniSalesiano de Araçatuba. The idea of the project came from a similar equipment developed and built by the same group of students. The project began with the design of the equipment through the software Autodesk Inventor 2016, with which also were made simulations to test the resistance of the materials and the center of gravity. The structure of the equipment was made of stainless steel AISI 304, due to the presence of formaldehyde in the tanks of the corpses. The equipment has an electric actuator with remote control and battery powered. After several computer simulations and physical tests, the equipment was delivered to the faculty and is in operation.

Key words: Lift, corpse, lift, medicine.

Introdução

A conservação de cadáveres humanos, utilizados para estudo dos alunos e professores do Unisalesiano de Araçatuba é feita dentro de tanques cheios de formol. Para poderem ser estudados, os cadáveres são retirados de um tanque e colocados em outro, vazio, para lavagem. Atualmente, esse processo de movimentação dos corpos, é feito manualmente por profissionais da área de saúde. Após a lavagem os cadáveres são transferidos, também manualmente, para macas onde serão estudados.

O processo de transferência dos corpos envolve grandes esforços físicos por parte dos profissionais da área de saúde. Esses esforços físicos laborais podem comprometer a integridade humana do profissional, por lesões como problemas na coluna, entorses e luxação.

Os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho representam um sério dilema de saúde pública, por serem uma das mais importantes causas de incapacidade e absenteísmo. Entre essas afecções estão incluídas as patologias da coluna vertebral, assim como as dores lombares que representam um risco para determinados grupos ocupacionais, dentre os quais se encontram os trabalhadores da área de saúde. (ALEXANDRE, 2007)

Este trabalho tem por objetivo desenvolver e construir um equipamento para facilitar a colocação e a retirada dos corpos dos tanques de formol, minimizar o grande esforço feito por parte dos envolvidos no transporte e manutenção dos cadáveres, tendo em vista o aspecto ergonômico envolvido, evitar lesões dos profissionais. Também teve como objetivo minimizar o custo do equipamento, comparativamente com outros produtos existentes.

O projeto de desenvolvimento de Lift para içamento de cadáveres (LiftDaver) para estudo da Medicina foi motivado por existirem poucos fabricantes no Brasil, e porque as maiorias dos fabricantes desse tipo de equipamento encontram-se na Europa, produzindo um altíssimo custo final.

O trabalho consiste em um guincho elétrico feito em aço inoxidável tipo 304, que segundo (CHIAVERINI, 1996) é menos suscetível à corrosão inter cristalina, pelo baixo teor de carbono, articulado, com atuador elétrico movido por controle remoto e alimentado por baterias. Para garantir a segurança dos usuários, foram

feitos testes para saber o tipo de material e o atuador necessário levando em consideração os tamanhos e os pesos dos cadáveres que serão içados.

O Projeto

Após análise documental, detectou-se alguns Lifts (guinchos) para cadáveres existentes que se assemelham com o projeto em questão; porém, no Brasil só foi encontrado um modelo, muito mais rústico, se comparado com o proposto neste trabalho, desenvolvido pela empresa “Todas as Funerárias” (Figura 1) especialista em transporte de corpos para serem preparados e sepultados, serve para elevação e transferência de cadáveres. O atuador é hidráulico e com acionamento manual, o que exige certo esforço do operador



Figura 1 - Lift da empresa Todas as funerárias. Fonte: Todas as funerárias (2018).

Na sua maioria os Lifts existentes estão na Europa e seu custo se torna muito maior devido à importação.

A Figura 2 mostra um equipamento para elevação e transferência dos cadáveres de um assoalho a outro (cama, tabela de autópsia, caixão). E tal operação evita riscos ao operador, podendo mover o cadáver sozinho.

Este equipamento da marca CEABIS, modelo CEATA21, suporta uma carga máxima de 160 quilogramas e conta com um atuador elétrico alimentado por baterias 24 V removíveis e recarregáveis. O acionamento é através de controle com fios, fixos na estrutura do equipamento.



Figura 2 - Lift de empresa italiana. Fonte: Medicaexpo (2018).

Na Figura 3 vê-se o Lift de transferência de pacientes da empresa Freedom, com capacidade de levantar de 130kg; o equipamento é projetado para pessoa com deficiência física com lesão baixa, com a característica funcional de tônus muscular preservado nos membros superiores; o levantar é realizado com atuador linear elétrico, com apoio para joelhos e base estabilizadora para pés, possibilitando posicionamento ortostático. Indicado para uso individual ou coletivo em residências, clínicas de fisioterapia, hospitais e casa de repouso.



Figura 3 - Lift de transferência de pacientes. Fonte: FREEDOM (2018).

- **Elementos de máquinas e máquinas simples**

Para o projeto foram utilizados os seguintes elementos de máquinas: parafusos, porcas arruelas, rolamentos, eixos e pinos, alavanca e corrente (SHIGLEY, 2016).

Método de fabricação importante foram as ‘uniões soldadas’ já que a união de elementos metálicos é de fundamental importância na montagem de estruturas que transmitam ou suportem os esforços que surgem na execução de trabalhos mecânicos pelas máquinas. (GENEROSO, 2009)

- **Metodologia – materiais e métodos**

O projeto exigiu a aplicação de diversas metodologias de engenharia, destacando-se as seguintes: Brainstorming, Design Thinking, Matriz Morfológica, Critérios de Seleção, Modelagem Computacional, Manufatura (PAZMINO, 2015).



Figura 4 - Lift para acamados. Fonte: Autores (2018).

Contudo, algumas ideias emergentes tiveram que ser modificadas, em função de que este equipamento deveria atender determinados requisitos de projeto bastante específicos, característicos para seu uso, que é o de atender um Laboratório de Anatomia do curso de Medicina do Unisaesiano de Araçatuba. Para isto, como continuidade da aplicação da metodologia do Brainstorming, foi necessária a implementação da metodologia “Design Thinking”, explicada na sequência.

- **Design Thinking**

O projeto surgiu a partir da iniciativa da coordenação do curso de Medicina do Unisalesiano, em razão da grande repercussão que o projeto do “Lift para pacientes acamados” (mostrado na Figura 8) teve na própria instituição.

Assim, quando se pensou em alguns itens para o projeto do Lift, procurou-se o coordenador do Curso de Medicina, bem como os docentes responsáveis pelo uso futuro do equipamento, para realização de um levantamento das reais necessidades deste cliente (figura 6).

Então, como exemplo, percebeu-se que os pés de apoio do Lift não poderiam ser direcionados para frente do equipamento, pelo motivo de que o tanque onde são acondicionados os cadáveres não possui nenhuma entrada na parte inferior da alvenaria (figura 7), impossibilitando, assim, que as hastes dos pés de apoio do Lift entrassem por debaixo do tanque. Esta solução com os pés do Lift para frente havia sido utilizada no equipamento desenvolvido anteriormente (aparelho doado para a paciente, conforme Figura 4). Entretanto, uma solução diferente teve que ser projetada.

Outro item que foi obtido por intermédio da metodologia Design Thinking foi a necessidade de que a estrutura do Lift fosse, necessariamente, de aço AISI 304, devido a presença de material corrosivo no manuseio dos corpos.

Na Figura 5 vemos um dos tanques para acondicionamento de cadáver que, em condições de uso, é preenchido com formol. Na Figura 6 mostra-se um dos procedimentos de medida deste espaço físico.



Figura 5 - Tanque para acondicionamento dos corpos. Fonte: Autores (2018).



Figura 6 - Medição do tanque de formol. Fonte: Autores (2018).

Identificados os problemas e as necessidades dos professores, estruturou-se o Quadro 1, indicando com as necessidades e as soluções utilizadas pelo grupo, para melhor atender o cliente.

Quadro 1 - Lista de necessidades e respectivas soluções utilizadas.

Necessidade do cliente (laboratório de Anatomia)	Solução utilizada
Sistema de guincho	Desenvolvimento do equipamento que pudesse içar os corpos acondicionados em tanques de formol
Sistema de deslocamento do guincho: em paralelo com a parede dos tanques	Quatro rodízios giratórios e mais 2 fixos na frente do equipamento para não danificar a parede do tanque e nem o próprio equipamento
Descolamento do cadáver: 1) de um tanque de acondicionamento 2) para um tanque de lavagem, 3) para a maca de utilização na aula, 4) retornando para o tanque de acondicionamento.	Adicionado barras nos quatro lados do equipamento para facilitar a movimentação em qualquer direção.
Içamento do cadáver: evitar danificar o corpo	Utilização de chapas de aço AISI 304 cortados e dobrados em formatos específicos, que apoiam os ombros, o quadril e os pés dos cadáveres. Utilização de correntes para prender estas chapas ao braço superior do equipamento
Sistema de acionamento do atuador sem utilização de energia elétrica.	Atuador elétrico 24 V, utilização de 2 baterias 12 V e uma fonte para carrega-las.

Fonte: Autores (2018).

● **Matriz Morfológica**

Nesta metodologia elencam-se diversos equipamentos congêneres e escolhem-se alguns itens técnicos dos mesmos e, a partir disto, constroem-se diversas opções

ou soluções. Assim, para este equipamento, podemos estipular os seguintes itens técnicos: atuador, rodízio, braço, sistema de controle, unidade de potência.

Tabela 1 - Opções de soluções de parâmetros técnicos para o lift.

	Lift 1 (Figura 1)	Lift 2 (Figura 2)	Lift 3 (Figura 3)
Atuador		X	X
Rodízio	X		
Braço		X	
Sistema de controle		X	
Unidade de potência		X	

Fonte: Autores (2018).

● Critérios de seleção

Esta metodologia refina a etapa anterior, ou seja, determina com mais precisão o item que foi anteriormente definido. Assim, como exemplo, decidiu-se que o sistema atuador seria do tipo ‘atuador linear’, porém, com um torque maior do que o utilizado no projeto anterior.

Decidiu-se também que a unidade de potência deveria ser por baterias, pois o uso de extensões para ligar na energia elétrica é inviável para a sala de Medicina (onde os cadáveres são acondicionados) e para o Laboratório de Anatomia, respectivamente.

Outra decisão nesta etapa foi que o sistema de controle fosse por controle remoto, pela necessidade de controle à distancia.

● Modelagem computacional

Para esta etapa utilizou-se o software Autodesk Inventor 2016. Com o programa é possível, além obviamente da modelagem, a simulação do comportamento dos esforços mecânicos submetidos ou realizados pelo equipamento. Isto inclui a utilização do método dos elementos finitos e a efetuação dos cálculos para determinação do fator de segurança, que relaciona o módulo de Young e a carga máxima que o LiftDaver suporta (mediante a padronização da espessura respectiva de cada parte da estrutura utilizada). Na Figura 7 vemos a modelagem do equipamento no espaço ambiente de trabalho.



Figura 7 – Projeto de modelagem do LiftDaver, posicionado no local de uso. Fonte: autores.

- **Manufatura**

As principais metodologias utilizadas na manufatura foram o corte, a dobra e a soldagem.

- **Corte e dobra**

Os processos de corte e dobra das peças da estrutura do projeto foram feitos pela empresa Metalúrgica Plasminox, que é de Araçatuba e é especializada na área. O processo de corte e dobra será explicado no capítulo de montagem do equipamento.

- **Soldagem**

A soldagem das peças do projeto foi feita através do processo TIG. A utilização deste processo de soldagem se justifica em função das vantagens oferecidas para melhor acabamento do equipamento. As vantagens são: 1) Processo de baixa taxa de deposição em soldagem manual: 1,3kg/h; 2) Solda em todas as posições; 3) Solda praticamente todos os metais industrialmente utilizados; 4) Pouca geração de fumos; 5) Solda espessuras a partir de 0,2 mm; 6) Pode ser aplicado em juntas onde não é necessária a utilização de metais de adição; 7) Produz soldas com ótimas propriedades mecânicas; 8) Ótimo acabamento. (SENAI, 2004).

Resultados

Diversos resultados foram obtidos, à partir de cálculos efetuados para as estruturas principais do LiftDaver, destacando-se a “lança”, “dimensionamento da coluna”, “dimensionamento do contrapeso”, “dimensionamento do atuador”. Por

questão de espaço, apresentaremos aqui apenas os cálculos referentes ao dimensionamento da “lança”, sendo que os demais encontram-se descritos na respectiva monografia deste artigo.

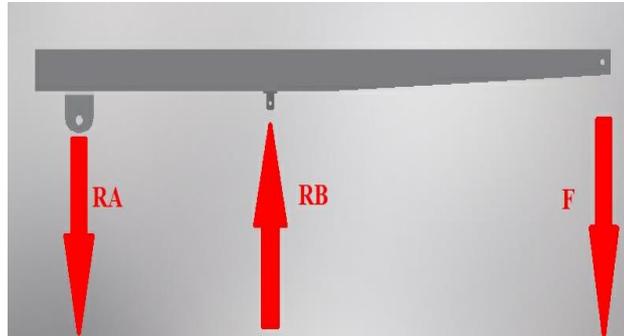


Figura 8 - Lança principal com reações nos apoios. Fonte: Autores (2018).

Considerando o equilíbrio da lança, forma-se o seguinte sistema:

$$\sum F_y = -R_A + R_B = 0 \quad (1)$$

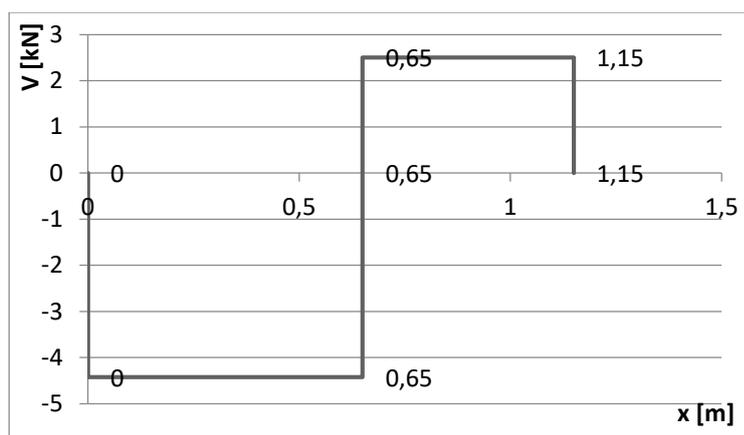
$$\sum M_A = -R_B \times 0,65 + F \times 1,8 = 0$$

Resolvendo o sistema foram obtidos os seguintes resultados:

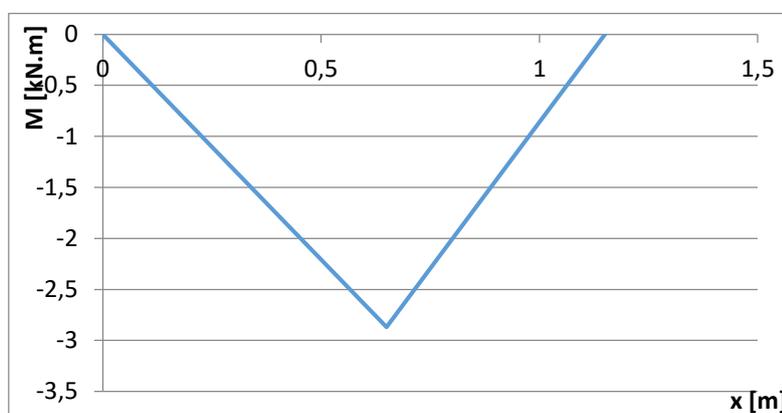
$$R_A = 4,42 \text{ kN}$$

$$R_B = 6,92 \text{ kN}$$

A partir dos valores das reações nos apoios foi possível a construção dos gráficos de força cortante (Gráfico 1) e de momento fletor (Gráfico 2).

Gráfico 1 - Diagrama de esforço cortante.

Fonte: Autores (2018).

Gráfico 2 - Diagrama de momento fletor.

Fonte: Autores (2018).

Após análise e interpretação dos gráficos, obtiveram-se os seguintes valores:

$$V_{\text{máx}} = 2,5 \text{ kN}$$

$$M_{\text{máx}} = 2,87 \text{ kN.m}$$

Os diagramas de força normal e de torque, os diagramas de força cortante e momento fletor proporcionam um meio útil para determinar a maior força de cisalhamento e o maior momento em um elemento e especificam onde esses máximos ocorrem. Uma vez determinado o momento interno em uma seção, a tensão de flexão pode ser calculada. (HIBBELER, 2010).

A partir dos diagramas, é possível observar que o ponto crítico é aos 0,65 m da peça que apoia a lança na coluna. Para calcular o módulo de resistência à flexão,

utiliza-se a equação a seguir, mas primeiramente é necessário o cálculo das tensões admissíveis.

$$W_x = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} \quad (2)$$

Sendo

W_x = Módulo de resistência à flexão

$M_{m\acute{a}x}$ = Momento máximo

σ_{adm} = Tensão admissível

Segundo Provenza (1960) calcula-se o fator de segurança utilizando-se os fatores apresentados na Tabela 2. A equação utilizada foi a seguinte.

$$n = A . B . C . D \quad (3)$$

Tabela 1 – Parâmetros para o cálculo do fator de segurança.

Fator	Condição	Coefficiente
A	Materiais comuns	2
	Aço Ni Cr, forjado e temperado	1,5
B	Carga continua	1
	Carga intermitente	2
	Carga alternada	3
C	Carga aplicada lenta e gradualmente	1
	Carga aplicada repentinamente (choque)	2
D	Aços	1,5
	Ferros fundidos	2

Fonte: PROVENZA (1960).

Para o aço:

$$n = 2.1.1.1,5 = 3$$

Para o cálculo da tensão admissível à flexão do material utiliza-se a seguinte fórmula.

$$FS = \frac{\sigma_e}{\sigma_{adm}} \quad (4)$$

Onde

FS = Fator de segurança

σ_e = Tensão de escoamento

σ_{adm} = Tensão admissível

A tensão a flexão admissível é dada por:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{FS} = \frac{250}{3}$$

$$\sigma_{adm} = 83,33 \text{ MPa}$$

A tensão ao cisalhamento admissível é dada por:

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{rup}}{FS} = \frac{540}{3}$$

$$\tau_{adm} = 180 \text{ MPa}$$

Obtidos os valores de momento fletor e tensão normal admissível, é possível o cálculo do módulo de resistência à flexão da seção.

$$W_x = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}} = \frac{2,87 \times 10^3 \text{ [N.m]} (10^3 \left[\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right])^3}{83,33 \times 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]}$$

$$W_x = 34,44 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

Para o cálculo da resistência para o perfil da lança e também para calcular a tensão de cisalhamento média, contou-se com o auxílio do software Autodesk Inventor (2016), pois a seção da mesma é variável.

Sabe-se que o ponto crítico da lança é aos 0,65 metros da peça que apoia a lança na coluna, assim utilizou-se a seção deste ponto para calcular a resistência para o perfil. Utilizou-se a seguinte equação.

$$W_x = \frac{a^4 - b^4}{6 \times a} \quad (5)$$

Sendo

W_x = Módulo de resistência à flexão

a = Comprimento externo da seção

b = Comprimento interno da seção

Adotando-se a espessura de 3 mm calcula-se o módulo de resistência para o perfil do ponto crítico:

$$W_x = \frac{a^4 - b^4}{6 \times a} = \frac{100^4 - 94^4}{6 \times 100}$$

$$W_x = 36,54 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

Onde

a = Comprimento externo da seção

b = Comprimento interno da seção

Como o módulo da resistência para o perfil é maior que o módulo de resistência exigida, então, pode-se concluir que a espessura de 3 mm é o suficiente para suportar a carga a ser içada.

Para o cálculo do deslocamento da lança foram feitas simulações no Autodesk Inventor 2016. Os resultados podem ser observados na Figura 9.

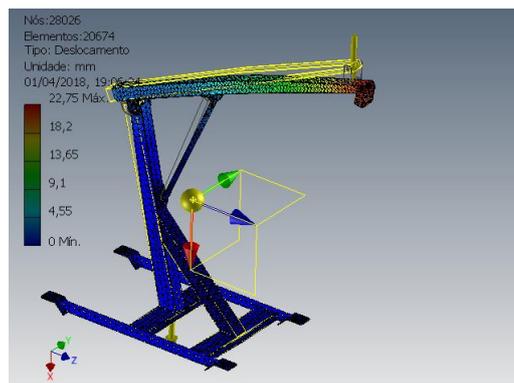


Figura 9 – Simulação de deslocamento. Fonte: autores.

Conclusões e considerações finais

O equipamento projetado, desenvolvido e construído apresentou de forma satisfatória os resultados esperados, ou seja, o objetivo do trabalho foi atingido. O projeto irá auxiliar de forma efetiva os profissionais responsáveis pela preparação dos cadáveres para estudo.

Através da realização de testes computacionais e experiências em campo, pôde-se constatar que o equipamento não apresentou e nem apresentará problemas quanto a resistência dos materiais e nem quanto ao equilíbrio.

Com as pesquisas realizadas, verificou-se também que não haverá problemas quanto ao desgaste dos materiais devido a presença de material corrosivo (formol), pois o material escolhido (aço AISI 304) para a manufatura do projeto é resistente a corrosão.

Através do desenvolvimento deste trabalho foi possível colocar em prática todo o conhecimento adquirido ao longo da nossa formação acadêmica. Com as dificuldades e desafios encontrados durante o andamento do projeto foi possível ampliar os nossos conhecimentos e obter experiência para futuros projetos.

O protótipo será de grande valia, principalmente para o bem estar físico dos professores responsáveis pela movimentação dos cadáveres. Poderão ser evitados muitos problemas causados por grande esforço físico realizado no transporte dos corpos. Assim pode se concluir que a engenharia e a tecnologia foram utilizadas para o bem estar do ser humano, que as criaram exatamente para auxiliá-los.

Destacamos, contudo, que o êxito neste projeto se deveu completamente à metodologia de abordagem translacional, que envolveu expertise na área da Engenharia Mecânica e, concomitantemente e conjuntamente com a área de Saúde, especialmente Medicina, tornando-se assim este protótipo o primeiro projeto resultante desta profícua parceria.

Referências bibliográficas

ALEXANDRE, M. N. . **Aspectos ergonômicos e posturais e o trabalhador da área de saúde**. Londrina, Paraná. 2007.

CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos**. 1996.

EXPO, M. (s.d.). MEDICAL EXPO. Fonte:

<http://www.medicalexpo.com/medical-manufacturer/mortuary-patient-lift-13222.html> .

FERREIRA, M. F. (2010). **Elevador mecanizado em Aço AISI 304 para movimentação com segurança e conforto de pacientes em macas hospitalares**. Porto Alegre, RS.

FREEDOM. Disponível em: <<http://www.freedom.ind.br/produto/saude/elevadores-individuais/elevadores-individuais-stand-up/>> . Acesso em 14 de Abril de 2018.

GENEROSO, D. J. **Elementos de máquinas**. Araranguá, Santa Catarina. 2009

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. São Paulo: Pearson. 2010

HIBBLER, R. C. **Estática - Mecânica para engenharia**. 12^a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

MEDINA, J. A. **Procedimento para Avaliação da Integridade Estrutural em Máquinas de Levantamento e Movimentação de Materiais**. Rio de Janeiro, RJ. 2009.

MEDICAEXPO. Disponível em: <<http://www.medicalexpo.com/medical-manufacturer/mortuary-patient-lift-13222.html>> . Acesso em 11 de maio de 2018.

METALTEX. Disponível em <<https://www.eletopecas.com/Produto/fonte-chaveada-40w-24v-metaltex-mdr-40-24>>. Acesso em 15 de maio de 2018.

MORANDI, F. B. (de 2015). Implicações da ausência do equipamento de transferência de pacientes na saúde do profissional da enfermagem.

NEVES, M. F. **Entre pessoa, corpo e coisa: A vida social de cadáveres em laboratórios de anatomia**. Niterói, RJ. 2016.

PAZMINO, Ana Verônica. **Como se cria - 40 métodos para design de produtos**. São Paulo: Blucher, 2015.

PHOENIX MECANO, D. O. Disponível em <<https://www.dewertokin.com/products/>>. Fonte: Dewertokin. Acesso em 20 de maio de 2018.

PRONÁUTICOS. Disponível em <<https://www.promarnauticos.com.br/>>. Acesso em 20 de maio de 2018.

PROVENZA, F. **Desenhista de máquinas**. 1^a. ed. São Paulo: Editora F. Provenza, São Paulo. 1960.

RODCAR. Disponível em <http://rodcar.com.br/Site/php/produtos_detalhe.php?CodProdutoservico=904&pagina=55&CodDepartamento=4&CodSecao=&CodTabela=&Ordenacao=&OrdenacaoTipo=&OrdenacaoQtd=36>. Acesso em 15 de junho de 2018.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Soldagem TIG**. Varginia, MG. 2004.

SHIGLEY, J. E. **Elementos de máquinas**. 10 ed. 2016.

Shoptime. Disponível em <<https://www.shoptime.com.br/produto/26931340>>. Acesso em 15 de junho de 2018. Fonte: Shoptime.

TEIXEIRA, G. D. **Guindaste móvel com lança retrátil**. Niterói, RJ, Brasil. 2015.

TODAS AS FUNERÁRIAS. Disponível em: <<https://todasfunerarias.com.br>>. Acesso em 11 de maio de 2018.

TREMARIM, R. C. **Estudo das Propriedades Mecânicas e Resistência à Corrosão do Aço AISI 304 e Variantes Estabilizadas com Níbio**. Florianópolis, SC. 2007.

UNIVERSITAS. **Revista do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium**. Disponível em <http://www.unisale.com.br/arquivos/normas_revista_universitas.pdf>. Acesso em 25 de agosto de 2018.

Ambientalismo, sustentabilidade dentro dos pensamentos de Aziz Ab'Saber e Jean Paul Metzger, diante do novo Código Florestal (12651/2012), com a avaliação e importância do C.A.R. (Cadastro Ambiental Rural)

Environmentalism, sustainability to the Azi Ab'Saber thoughts and Jean Paul Metzger, before the new Forest Code (12651/2012), with evaluation and importance C.A.R. (Environmental Registry Rural)

Giuliano Mikael Tonelo Pincerato¹

Marcio Túlio²

RESUMO

O presente trabalho, analisa ambientalmente e sustentavelmente o Novo Código Florestal, lei 12651/2012 dentro dos pensamentos de Aziz Ab'Saber e Jean Paul Metzger, onde estes mencionam sobre como era e o que mudou dentro da Reserva Legal, APP's, tais opiniões buscam regularizar a questão ambiental das propriedades rurais, para controlar e fazer a conservação do meio ambiente, monitorando e realizando, planejamentos ambientais, econômicos e combate ao desmatamento, que geraram benefícios econômicos com segurança jurídica para os produtores rurais. Esta nova ferramenta, entende-se como o principal indutor e acelerador para a regularização de no mínimo 5,2 milhões de propriedades rurais e a inclusão do C.A.R. (Cadastro Ambiental Rural).

Palavras-chave: ambiente, propriedades, conservação do meio ambiente.

ABSTRACT

This work, analyzes environmentally and sustainably the New Forest Code, Law 12651/2012 within the Aziz Ab'Saber thoughts and Jean Paul Metzger, where they mention about how it was and what has changed in the Legal Reserve, APP's such opinions seek to regularize the environmental issue of rural properties, to control

¹ Engenheiro Civil, Mestrando em Meio Ambiente, Professor Unisalesiano Auxilium de Araçatuba.

² Químico, Mestrando em Biotecnologia Médica, Professor Unisalesiano Auxilium de Araçatuba.

and conservation of the environment, monitoring and conducting environmental, economic planning and combating deforestation, generating economic benefits to legal certainty for farmers. This new tool, it is understood as the main inducer and accelerator for the regularization of at least 5.2 million rural properties and the inclusion of C.A.R. (Rural Environmental Registry).

Keywords: Environment, property, environment conservation.

INTRODUÇÃO - HISTÓRICO

O primeiro código florestal brasileiro foi criado no ano de 1935 e determinava a preservação de $\frac{3}{4}$ da mata nativa de um imóvel rural. Trinta anos depois aconteceu a criação do código que esteve em vigor até os dias atuais, que definia a proteção da Área de Preservação Permanente (APP) e a criação de uma reserva legal de 50% na Amazônia e 20% no restante do país. Em 1999, começaram os primeiros debates no Congresso Nacional para a modificação do código. O documento foi aprovado, em 17 de outubro de 2012. A presidente Dilma Rousseff aprovou a mudança de 32 artigos e vetou outros nove. No entanto, um artigo aprovado dizia que os estados deveriam estabelecer as faixas de recomposição para proprietários que degradaram áreas de Preservação Permanente (APPs) foi vetado e agora à sanção isenta as multas para quem recuperar as APPs. O artigo referente às Áreas Urbanas também passou por alterações. O texto da Câmara permitia a urbanização das áreas de restinga e mangue desde que as funções ecológicas das áreas naturais estivessem comprometidas. Com o veto, áreas de apicuns, salgados e zonas úmidas continuam como APPs. Manguezais, também devem ser preservados. A recomposição de matas ciliares para pequenas propriedades não irá variar de acordo com a largura do rio, mas sim de acordo com o tamanho da propriedade.

OBJETIVO.

O objetivo deste trabalho busca uma comparação entre as opiniões dos dois autores e pesquisadores citados acima em captar de forma consciente, mencionar de forma sucinta o que pensam e suas opiniões sobre no novo código florestal no Brasil, mencionar sobre o CAR (Cadastro Ambiental Rural), que é um instrumento deste, onde o ministério do meio ambiente, investiu tecnologias de ponta para implantar o Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

sistema, com imagens via satélite de alta resolução (sendo integradas ao cadastro destes imóveis).

Este acesso será feito de forma segura aos proprietários, posseiros, órgãos públicos, sendo este obrigatório para regularização destas.

HISTÓRICO

O primeiro código florestal brasileiro foi criado no ano de 1935 e determinava a preservação de $\frac{3}{4}$ da mata nativa de um imóvel rural. Trinta anos depois aconteceu a criação do código que esteve em vigor até os dias atuais, que definia a proteção da Área de Preservação Permanente (APP) e a criação de uma reserva legal de 50% na Amazônia e 20% no restante do país.

Em 1999, começaram os primeiros debates no Congresso Nacional para a modificação do código. Entre idas e vindas, no entanto, o documento vigente foi aprovado, apenas em 17 de outubro de 2012. Com o novo código (Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), muitas coisas mudaram. A presidente Dilma Rousseff aprovou a mudança de 32 artigos e vetou outros nove. A anistia para quem desmatou ilegalmente até 2008, por exemplo, está mantida na lei. No entanto, um artigo aprovado que dizia que os estados deveriam estabelecer as faixas de recomposição para proprietários que degradaram Áreas de Preservação Permanente, as APPs, foi vetado e agora a sanção isenta as multas para quem recuperar as APPs. Outra alteração aparece no Crédito Ambiental.

A proposta apresentada pela Câmara concedia crédito a quem havia desmatado antes de 22 de julho de 2008. Agora, no entanto, o proprietário tem cinco anos para recuperar a APP ou não poderá receber o crédito. O artigo referente às Áreas Urbanas também passou por singelas alterações. O texto da Câmara permitia a urbanização das áreas de restinga e mangue desde que as funções ecológicas das áreas naturais estivessem comprometidas. Com o veto, as áreas de apicuns, salgados

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

e zonas úmidas continuam como APPs. Os manguezais, também, devem ser preservados.

A recomposição de matas ciliares para pequenas propriedades não irá variar de acordo com a largura do rio, mas sim de acordo com o tamanho da propriedade. A faixa a ser recomposta varia de 5 a 15 m. Áreas com mais de quatro módulos, margeadas com rios mais largos que 10 m, podem ter uma faixa de até 100 m. Antes, o artigo previa que imóveis em APPs deveriam ter a vegetação em margens de rios recompostas em 15 metros. Com esse grande número de mudanças, os debates e protestos ao novo Código Florestal são muitos. No entanto, pesquisadores não acreditam em um retrocesso, mas sim em um novo caminho.

Isso porque, com um texto que não considera apenas os aspectos ambientais, mas também os econômicos e os sociais, o Brasil dá um passo à frente no que diz respeito à sustentabilidade.

SEGUNDO AZIZ AB`SABER

No âmbito do gigante território nacional e da situação real em que se encontram o seu macro biomas – Amazônia Brasileira, Brasil Tropical Atlântico, Cerrados do Brasil Central, Planalto das Araucárias, e Pradarias Mistas do Brasil Subtropical – e de sua numerosos mini biomas, faixas de transição e relictos de ecossistemas, qualquer que fosse a tentativa de mudança no “Código Florestal” tem que ser conduzido por pessoas competentes e eticamente sensíveis. Por várias razões, se houvesse um movimento para aprimorar o atual Código Florestal, teria que envolver o sentido mais amplo de um Código de Biodiversidades, levando em conta o complexo da vegetação de nosso território nacional. Enquanto o mundo inteiro trabalha para a diminuição radical de emissão de CO₂, o projeto de reforma proposto na Câmara Federal de revisão do Código Florestal defende um processo que significará uma onda de desmatamento e emissões incontroláveis de gás carbônico, fato observado por muitos críticos em diversos trabalhos e entrevistas. A utopia de um desenvolvimento com o máximo de florestas em pé não pode ser eliminada por princípio em função de mudanças radicais do Código Florestal, sendo necessário pensar no território total de nosso país, sob um ampliado e correto Código de Biodiversidade. Ou seja, um pensamento que envolva: as nossas grandes

florestas (Amazônia e Matas Tropicais Atlânticas); o domínio das caatingas e agrestes sertanejos; planaltos centrais com cerrados, cerradões e campestres; os planaltos de araucárias sul-brasileiros; as pradarias mistas do Rio Grande do Sul; e os redutos e mini biomas da costa brasileira e do Pantanal mato-grossense, e faixas de transição e contrato (*core-áreas*) de todos os domínios com estudo da forma, clima e área geográfica brasileira).

OS ERROS DA REVISÃO DO CÓDIGO FLORESTAL

O primeiro grande erro dos que no momento lideram a revisão do Código Florestal brasileiro – a favor de classes sociais privilegiadas – diz respeito à chamada estadualização dos fatos ecológicos de seu território específico. Sem lembrar que as delicadíssimas questões referentes à progressividade do desmatamento exigem ações conjuntas dos órgãos federais específicos, em conjunto com órgãos estaduais similares, uma Polícia Federal rural, e o Exército Brasileiro.

Tudo conectado ainda com autoridades municipais, que tem muito a aprender com um Código novo que envolve o macro biomas do país, e os mini biomas que os pontilham, com especial atenção para as faixas litorâneas, faixas de contato entre as áreas nucleares de cada domínio morfoclimático e fitogeográfico do território. Para pessoas inteligentes, capazes de prever impactos, a diferentes tempos do futuro, fica claro que ao invés da “estadualização”, é absolutamente necessário focar para o zoneamento físico e ecológico de todos os domínios de natureza dos pais. A saber, as duas principais faixas de Florestas Tropicais Brasileiras: a zonal amazônica e a zonal das matas atlânticas o domínio dos cerrados, cerradões e campestres: a complexa região semiárida dos sertões nordestinos: os planaltos de araucárias e as pradarias mistas do Rio Grande do Sul, além de nosso litoral e o Pantanal Mato-grossense. Seria preciso lembrar ao honrado relator Aldo Rabelo, que a meu ver é bastante neófito em matéria de questões ecológicas, espaciais e em futurologia – que atualmente na Amazônia Brasileira predomina um verdadeiro exército paralelo de fazendeiros que em sua área de atuação tem mais força do que governadores e prefeitos. O que se viu em Marabá, com a passagem das tropas de fazendeiros,

passando pela Avenida da Transamazônica, deveria ser conhecido pelos congressistas de Brasília, e diferentes membros do executivo.

Através de loteamentos ilegais, venda de glebas para incautos em locais de difícil acesso, os quais ao fim de um certo tempo, são libertados para madeireiros contumazes. E, o fato mais infeliz é que ninguém procura novos conhecimentos para reutilizar terras degradadas. Ou exigir das governantes tecnologias adequadas para revitalizar os solos que perderam nutrientes e argilas, tornando-se dominadas por areias finas (siltização). Entre os muitos aspectos caóticos, derivados de alguns argumentos dos revisores do Código, destaca-se a frase que diz que se deve proteger a vegetação até sete metros e meio do rio. Uma redução de um fato que por si já estava muito errado, porém agora está reduzido genericamente a quase nada em relação aos grandes rios do país. Imagine-se que para o Rio Amazonas, a exigência protetora fosse apenas sete metros, enquanto para a grande maioria dos ribeirões e córregos também fosse aplicada a mesma exigência. Trata-se de desconhecimento entristecedor sobre a ordem de grandeza das redes hidrográficas do território intertropical brasileiro. Na linguagem amazônica tradicional, o próprio povo já reconheceu fatos referentes à tipologia dos rios regionais. Para eles, ali existem, em ordem crescente: igarapés, riozinhos, rios e parás. Uma última divisão lógica e pragmática, que é aceita por todos os que conhecem a realidade da rede fluvial amazônica.

Por desconhecer tais fatos os relatores da revisão aplicam o espaço de sete metros da beira de todos os cursos d'água fluviais sem mesmo ter ido lá para conhecer o fantástico mosaico de rios do território regional. Mas o pior é que as novas exigências do Código Florestal proposto têm um caráter de liberação excessiva e abusiva. Fala-se em sete metros e meio das florestas beiradeias (ripário-biomas), e, depois em preservação da vegetação de eventuais e distantes cimeiras. Não podendo imaginar quanto espaço fica liberado para qualquer tipo de ocupação do espaço. Lamentável em termos de planejamento Regional, de espaços rurais e silvestres. Lamentável em termos de generalizações forçadas por grupos de interesse (ruralistas).

Já se poderia prever que um dia os interessados em terras amazônicas iriam pressionar de novo pela modificação do percentual a ser preservado em cada uma
Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

das propriedades de terras na Amazônia. O argumento simplista merece uma crítica decisiva e radical. Para eles, se em regiões do centro-sul brasileiro a taxa de proteção interna da vegetação florestal é de 20%, porque na Amazônia a lei exige 80%. Mas ninguém tem a coragem de analisar o que aconteceu nos espaços ecológicos de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, e Minas Gerais com o percentual de 20%. Nos planaltos interiores de São Paulo a somatória dos desmatamentos atingiu cenários de generalizada derruição. Nessas importantes áreas, dominadas por florestas e redutos de cerrados e campestres, somente o tombamento integrado da Serra do Mar, envolvendo as matas atlânticas, os solos e as aguadas da notável escarpa, foi capaz de resguardar os ecossistemas orográficos da acidentada região. O restante, nos “mares de morros”, colinas e várzeas do Médio Paraíba e do Planalto Paulistano, e pró-parte da Serra da Mantiqueira, sofreram uma derruição deplorável. É o que alguém no Brasil – falando de gente inteligente e bioética – não quer que se repita na Amazônia Brasileira, em um espaço de 4.200.000 km².

Os relatores do Código Florestal, falam em que as áreas muito desmatadas e degradadas poderiam ficar sujeitas a “(re) florestamento” por espécies homogêneas pensando em eucalipto e pinus. Uma prova de sua grande ignorância, pois não sabem a menor diferença entre reflorestamento e florestamento. Esse último, pretendido por eles, é um fato exclusivamente de interesse econômico empresarial, que infelizmente não pretende preservar biodiversidades. Sendo que, eles procuram desconhecer que para áreas muito degradadas, foi feito um plano de (re) organização dos espaços remanescentes, sob o enfoque de revigorar a economia de pequenos e médios proprietários: Projeto FLORAM. O eucalipto logo perde ética quando alugam espaços por 30 anos, de incautos proprietários, preferindo áreas dotadas ainda de solos tropicais férteis, do tipo dos oxissolos, e evitando as áreas degradadas de morros pelados reduzidas a trilhas de pisoteio, hipsométricas, semelhantes ao protótipo existente no Planalto do Alto Paraíba, em São Paulo. Ao arrendar terras de bisonhos proprietários, para uso em 30 anos, e sabendo que os donos da terra podem morrer quando se completar o prazo.

Fato que cria um grande problema judicial para os herdeiros, sendo que ao fim de uma negociação as empresas cortam todas as árvores de eucaliptos ou pinos, deixando miríades de troncos no chão do espaço terrestre. Um cenário que impede

a posterior reutilização das terras para atividades agrárias. Tudo isso deveria ser conhecido por aqueles que defendem ferozmente um Código Florestal liberalizante. Por todas as razões somos obrigados a criticar a persistente e repetitiva argumentação do deputado Aldo Rebelo, que conhecemos há muito tempo, e de quem sempre esperávamos o melhor, no momento somos obrigados a lembrar a ele que cada um de nós tem que pensar na sua biografia, e, sendo político, tem que honrar a história de seus partidos. Mormente, em relação aos partidos que se dizem de esquerda e jamais poderiam fazer projetos totalmente dirigidos para os interesses pessoais de latifundiários. Insistimos que em qualquer revisão do Código Florestal vigente, se deve focar as diretrizes através das grandes regiões naturais do Brasil, sobretudo domínios de natureza muito diferentes entre si, tais como a Amazônia, e suas extensíssimas florestas tropicais, e o Nordeste Seco, com seus diferentes tipos de caatingas. Tratam-se de duas regiões opostas em relação à fisionomia e à ecologia, assim como em face das suas condições socioambientais. Ao tomar partido pelos grandes domínios administrados técnica e cientificamente por órgãos do executivo federal, teríamos que conectar instituições específicas do governo brasileiro com instituições estaduais similares. Existem regiões como a Amazônia que envolve conexões com nove estados do norte brasileiro. Em relação ao Brasil Tropical Atlântico os órgãos do Governo Federal – IBAMA, IPHAN, FUNAI e INCRA. Teriam que manter conexões com os diversos setores similares dos governos estaduais de norte a sul do Brasil. E assim por diante. Enquanto o mundo inteiro repugna para a diminuição radical de emissão de CO₂, o projeto de reforma proposto na Câmara Federal de revisão do Código Florestal defende um processo que significará uma onda de desmatamento e emissões incontroláveis de gás carbônico, fato observado por muitos críticos em diversos trabalhos e entrevistas.

Parece ser muito difícil para pessoas não iniciadas em cenários cartográficos perceber os efeitos de um desmatamento na Amazônia de até 80% das propriedades rurais silvestres. Em qualquer espaço do território amazônico, que vem sendo estabelecidas glebas nas quais se poderia realizar um desmate de até 80%, haverá um mosaico caótico de áreas desmatadas e faixas inter-propriedades estreitas e mal preservadas. Lembrando ainda que, nas propostas de revisão, propriedades de alguns até 400 ha, teriam o direito de um desmate total em suas terras, vejo-me na

obrigação de que a médio e longo prazo existiria um infernal caleidoscópio no espaço total de qualquer Área da Amazônia. Nesse caso, as bordas dos restos de florestas, inter-glebas, ficarão à mercê de corte de árvores dotadas de madeiras nobres. E, além disso, a biodiversidade animal, certamente será a primeira a ser afetada de modo radical.

SEGUNDO JEAN PAUL METZGER

Existem muitas dúvidas sobre qual foi o embasamento científico que permitiu definir os parâmetros e os critérios da lei 4.771/65 de 15 de setembro de 1965, mais conhecida como Código Florestal. Dentre estas dúvidas, podemos incluir as bases teóricas que permitiram definir:

- i) As larguras das Áreas de Preservação Permanente (APP);
- ii) A extensão das Reservas Legais (RL) nos diferentes biomas brasileiros;
- iii) A necessidade de se separar RL da APP, e de se manter RL com espécies nativas;
- iv) A possibilidade de se agrupar as RL de diferentes proprietários em fragmentos maiores.

Neste artigo, eu procuro analisar estas questões, tentando entender se os avanços da ciência nos últimos 45 anos permitem, ou não, sustentar o Código Florestal de 1965 e suas modificações ocorridas posteriormente. Esse trabalho não tem por objetivo fazer uma compilação completa de trabalhos científicos relacionados ao Código Florestal, objetivo esse que demandaria um tempo e esforço muito mais amplo.

QUAL A EXTENSÃO MÍNIMA DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE?

O Código Florestal estipula uma série de larguras mínimas de áreas de proteção ao longo de cursos de água, reservatórios e nascentes. Qual foi a base científica usada para definir que corredores ripários deveriam ter no mínimo 30 m de proteção ao longo de cada margem do rio (além do limite das cheias anuais)? Será que essa largura não deveria variar com a topografia da margem, com o tipo de solo, com o tipo de vegetação, ou com o clima, em particular com a pluviosidade local?

A efetividade destas faixas de vegetação remanescente certamente depende de uma série de fatores, dentre eles o tipo de serviço ecossistêmico considerado e a largura

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

de vegetação preservada. Por exemplo, há dados que indicam que larguras de 30 m seriam suficientes para as matas ripárias retirarem da água do lençol freático boa parte dos nitratos vindos dos campos agrícolas (Pinay & Décamps 1988). No entanto, dada suas múltiplas funções, incluindo a fixação de solo, proteção de recursos hídricos e conservação de fauna e flora, deve-se pensar na largura mínima suficiente para que esta faixa desempenhe de forma satisfatória todas as suas funções. Por consequência, a definição desta largura no âmbito do Código Florestal deveria respeitar a função mais exigente. Eu não pretendo aqui fazer uma ampla revisão sobre a influência da largura das APP, mas penso que a conservação da biodiversidade possa ser um dos fatores mais limitantes para a definição de larguras mínimas, e por isso foquei minha revisão neste aspecto, dando ênfase ao caso das matas ripárias.

Em termos biológicos, os corredores são reconhecidos como elementos que facilitam o fluxo de indivíduos ao longo da paisagem. Em paisagens fragmentadas, quando o habitat original se encontra disperso em inúmeros fragmentos, isolando e reduzindo o tamanho das populações nativas, a sobrevivência das espécies depende de suas habilidades de se deslocarem pela paisagem.

A importância de florestas ripárias foi evidenciada em diferentes biomas brasileiros, e para diferentes grupos taxonômicos. A maior parte dos estudos foi feita na Floresta Atlântica (Metzger *et al.* 1997; Uezu *et al.* 2005; Marinho-Filho & Verissimo 2007; Keuroghlian & Eaton 2008; Maltchik *et al.* 2008; Martensen *et al.* 2008), mas existem dados também para Floresta Amazônica (Lima & Gascon 1999; Michalski *et al.* 2006; Lees & Peres 2008), Caatinga (Moura & Schlindwein 2009), Pantanal (Quigley & Crawshaw 1992) e Cerrado (Tubelis *et al.* 2004). Em relação aos grupos taxonômicos, há dados para árvores (Metzger *et al.* 1997), anfíbios (Lima e Gascon 1999; Maltchik *et al.* 2008), aves (Tubelis *et al.* 2004; Uezu *et al.* 2005; Martensen *et al.* 2008), grandes mamíferos (Quigley & Crawshaw 1992; Marinho-Filho & Verissimo 2007; Keuroghlian & Eaton 2008; Lees & Peres 2008), pequenos mamíferos (Lima & Gascon 1999) e abelhas (Moura e Schlindwein 2009). Não há dúvidas que independentemente do bioma ou do grupo taxonômico considerado, toda paisagem deveria manter corredores ripários, dado os seus benefícios para a conservação das espécies. Os benefícios dos corredores podem estar relacionados

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

à largura, extensão, continuidade e qualidade dos corredores (Laurance e Laurance 1999), à topografia e largura das áreas de influência ripária (Metzger *et al.* 1997), entre outros fatores, mas sem dúvida o fator mais importante é a largura. Esta largura afeta a qualidade do habitat, regulando a área impactada pelos efeitos de borda, pelas as modificações microclimáticas e pelo aumento das perturbações que ocorrem nas bordas destes habitats. Em ambiente florestal, há aumento da luminosidade e do ressecamento do ar e do solo, além de um aumento na entrada de espécies invasoras e generalistas (vindas de áreas antrópicas), e de perturbações ocasionais (rajadas de vento, queimadas) que excluem algumas espécies nativas, mais especializadas em sombra, e levam a uma maior mortalidade. Esses efeitos de borda podem variar em extensão em função das espécies e dos processos considerados, e também de acordo com as características físicas do local, em particular com a orientação solar, a latitude e o tipo de matriz de ocupação adjacente, que influenciam na quantidade de radiação solar incidente. De uma forma geral, os efeitos mais intensos ocorrem nos 100 primeiros metros (Laurance *et al.* 2002), o que implica que corredores com menos de 200 m são formados essencialmente por ambientes de borda, altamente perturbados. Assim, alguns autores sugerem que corredores estreitos perderiam parte de sua utilidade, por favorecerem unicamente espécies generalistas, que suportam os efeitos de borda (Santos *et al.* 2008; Lopes *et al.* 2009). Espécies mais estritamente florestais necessitariam de corredores de pelo menos 200 m de largura (Laurance & Laurance 1999; Lees e Peres 2008).

Trabalhos que consideraram a funcionalidade biológica dos corredores em função da largura indicam valores mínimos superiores a 100 m. Na Amazônia, larguras de 140 a 190 m são necessárias para haver certa similaridade entre as comunidades de pequenos mamíferos e de anfíbios de serapilheira entre

elementos florestais lineares e uma área controle de floresta contínua (Lima e Gascon 1999). Ainda na Amazônia, Lee & Peres (2008) recensaram aves e mamíferos em 32 corredores, e observaram que a acumulação de espécies ocorreu até 400 m de largura para os dois grupos. A partir desse conjunto de dados, que devem representar situações encontradas em outras regiões da Amazônia, os autores sugerem que as APP ao longo de rios deveriam manter pelo menos 200 m

de área florestada de cada lado do rio para que haja uma plena conservação da biodiversidade. A manutenção de corredores de 60 m (30 m de cada lado do rio), conforme a legislação atual, resultaria na conservação de apenas 60% das espécies locais. No Cerrado, Tubelis *et al.* (2004) sugerem que as matas de galeria tenham pelos menos 120 m de largura para a devida proteção das aves. Na Mata Atlântica, Metzger *et al.* (1997, 1998) trabalharam com 15 corredores de mata ripária ao longo do rio Jacaré-Pepira, no interior do estado de São Paulo. Nestes corredores, que variaram de 30 a 650 m de largura, os autores levantaram a diversidade de árvores e arbustos, e puderam observar que apenas 55% delas estava presente em corredores de menos de 50 m, enquanto 80% estava presente em corredores com mais 100 m. Esses dados confirmam que corredores de apenas 30 m têm capacidade muito limitada de manutenção da biodiversidade.

Desta forma, o conhecimento científico obtido nestes últimos anos permite não apenas sustentar os valores indicados no Código Florestal de 1965 em relação à extensão das Áreas de Preservação Permanente, mas na realidade indicam a necessidade de expansão destes valores para limiares mínimos de pelos menos 100 m (50 m de cada lado do rio), independentemente do bioma, do grupo taxonômico, do solo ou do tipo de topografia.

RESERVA LEGAL: SUA FUNÇÃO PODE SER MANTIDA COM A INCORPORAÇÃO DAS APP OU COM O USO DE ESPÉCIES EXÓTICAS?

Há fortes pressões para se flexibilizar o Código Florestal, no intuito principal de facilitar a expansão econômica e a regularização de atividades agrícolas, e isso poderia ser obtido por duas formas:

- i) a inclusão das APP no cômputo das RL;
- ii) O uso de espécies de interesse econômico, em geral exóticas, numa parte destas reservas. Mais uma vez, a questão levantada aqui é de saber quais são as bases científicas para essas mudanças.

A inclusão das Áreas de Preservação Permanente no cômputo da Reserva Legal já é prevista no Código Florestal, podendo ocorrer para todas as propriedades em áreas florestadas da Amazônia Legal, ou então quando APP e RL somam 50% ou mais da propriedade nas demais regiões do Brasil (ou seja, quando as APP cobrem mais de

30% da propriedade), ou 25% no caso das propriedades pequenas, que são aquela com 30 ou 50 ha, em função da localização no país. A questão é de saber se a inclusão da APP no cômputo da RL pode ser generalizada, ao invés de ocorrer apenas nas três situações mencionadas acima. Esta ampla inclusão é defendida por aqueles que consideram insuficientes as áreas disponíveis atualmente para expansão agrícola, urbana ou industrial (Miranda *et al.* 2008). Por outro lado, essa inclusão é rebatida de diversas formas, sendo o argumento mais comum o fato de 3 milhões de km² serem área mais do que suficiente para a expansão das atividades econômicas, além da existência de amplas áreas já utilizadas, mas que se encontram degradadas, e que deveriam ser alvo de projetos de recuperação para futura exploração. Esses argumentos são sem dúvida pertinentes, porém eu gostaria de acrescentar ao debate uma outra linha de raciocínio, apresentada a seguir.

Como dito anteriormente, as RL visam essencialmente à conservação da biodiversidade e ao uso sustentável de recursos naturais, enquanto as APP têm como: [...] função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (artigo primeiro do Código Florestal).

As APP basicamente evitam a erosão de terrenos declivosos e a colmatagem dos rios, asseguram os recursos hídricos, propiciam fluxo gênico, e prestam assim serviços ambientais capitais. Certamente essas áreas também contribuem para a conservação da biodiversidade, porém considerá-las equivalentes às RL seria um grande erro. Por se situarem justo adjacentes às áreas ripárias, em terrenos declivosos, ou ainda em restingas, tabuleiros, chapadas, e em áreas elevadas (acima de 1.800 m de altitude), as APP apresentam embasamento geológico e pedológico, clima e dinâmica hidro geomorfológica distintas daquelas situadas distantes dos rios, em terrenos planos, mais longe das influências marinhas, ou em altitudes mais baixas. Em consequência disso, a composição de espécies da flora e da fauna nativa varia enormemente quando se comparam áreas situadas dentro e fora das APP. As evidências mais claras destas variações foram obtidas ao longo dos rios, mostrando, em particular, que a composição arbórea muda em função da distância ao leito do rio, sendo que as diferenças mais bruscas são obtidas nos primeiros 10-20 m

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

(Oliveira-Filho 1994a, b; Metzger *et al.* 1997; Rodrigues & Leitão-Filho 2004). Ou seja, as APP não protegem as mesmas espécies presentes nas RL, e vice-versa. Em termos de conservação biológica, essas áreas se complementam, pois, são biologicamente distintas, e seria um grande erro ecológico considerá-las como equivalentes. Todo planejamento territorial deveria considerar a heterogeneidade biológica, e um dos primeiros passos neste sentido é distinguir RL e APP, mantendo estratégias distintas para a conservação nestas duas situações.

O que se discute, mais recentemente, é a ampliação desta flexibilização, permitindo que até 50% da RL possa ser composta por espécies exóticas, como o dendê ou o Eucalipto. A principal conclusão que esses pesquisadores chegaram é que o valor da cabruca depende do contexto no qual ela se encontra. Em paisagens predominantemente florestais, com amplas extensões de florestas maduras (ca. 50%), e também com presença de manchas de florestas secundárias (16%) e áreas produtivas florestadas (no caso, cabruças, que cobrem 6% da paisagem, e seringais), as cabruças conseguem manter uma parcela considerável das comunidades estudadas (samambaia, sapos, lagartos, morcegos e aves). No entanto, em outra paisagem vizinha, na qual as cabruças dominam a paisagem (ca. 82%), e os remanescentes florestais são reduzidos (ca. 5%) e fragmentados, estes sistemas são extremamente empobrecidos, e mantêm uma parcela pequena da biodiversidade regional (Faria *et al.* 2006, 2007). Ou seja, a ocorrência ou manutenção da fauna e flora nativa em cabruças depende da existência de uma fonte de espécie próxima relativamente extensa. Isso significa que em paisagens predominantemente florestais, tais quais as que se quer conservar na Amazônia, sistemas similares ao das cabruças poderiam ser considerados como boas alternativas de uso sustentável de recursos naturais em parte da RL (sendo que a extensão destas áreas deve ser estudada com cuidado).

No caso das plantações de espécies de uso comercial, em geral exóticas, como o Eucalipto, a situação é distinta. Estudos promovidos no Rio Grande do Sul mostram que estas monoculturas arbóreas podem conter parte da biota nativa, porém isso depende fortemente do tipo de manejo da plantação, e em particular da manutenção da regeneração de espécies nativas no sub-bosque, e da ligação das áreas plantadas com fontes de espécies nativas próximas (Fonseca *et al.* 2009). Infelizmente, a

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.5, n.1, 2018.

grande maioria dos reflorestamentos comerciais não segue essas regras. Num dos mais completos estudos sobre esses reflorestamentos feitos no país, no projeto Jarí (Amazônia), Barlow *et al.* (2007a, b) mostraram, para diferentes grupos taxonômicos, haver baixa similaridade de espécies entre florestas nativas maduras e áreas de reflorestamento, deixando claro o limitado valor destas plantações em conservar espécies nativas.

Logo, independentemente da cobertura florestal remanescente na paisagem, não é aconselhável a substituição de RL de espécies nativas por plantações homogêneas de espécies exóticas. Por outro lado, sistemas consorciados de espécies nativas e de interesse econômico podem ser opções interessantes para parte das RL da Amazônia, num contexto de ampla cobertura florestal nativa. Ademais, a fusão de APP e RL seria temerária em termos biológicos simplesmente porque estas têm funções e composições de espécies distintas, e desempenham assim papéis complementares em termos de conservação da biodiversidade.

CONCLUSÕES

O estudo das pesquisas atuais oferece forte sustentação para critérios e parâmetros definidos pelo Código Florestal, sendo que em alguns casos haveria necessidade de expansão da área de conservação definida por esses critérios, em particular na definição das Áreas de Preservação Permanente. A literatura científica levantada mostra ainda que as recentes propostas de alteração deste Código, em particular alterando a extensão ou as regras de uso das Reservas Legais, podem trazer graves prejuízos ao patrimônio biológico e genético brasileiro. Os dados aqui apresentados, que retratam avanços recentes da ciência na área de ecologia e conservação, deveriam ser considerados em qualquer discussão sobre modificação do Código Florestal, e na procura da melhor configuração de nossas paisagens, que permita maximizar os serviços ecossistêmicos e o potencial de conservação da biodiversidade da biota nativa, sem prejudicar o desenvolvimento econômico nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, N. A. **Do Código Florestal para o Código da Biodiversidade**. Biota Neotropical, 2010.

<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?point-of-view+bn01210042010>

CARSON, Rachel. **Primavera Silenciosa**. 3ª reimp. São Paulo: Editora Gaia, 2013.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. Atlas: São Paulo, 2006.

FELÍCIO, M. J. **Apontamentos de Epistemologia Ambiental**. In: Revista GEOAMBIENTE (on-line): Jataí-GO, n.21, jul-dez/ 2013, p.184-204.

LEFF, Enrique. **Complexidade, Interdisciplinaridade e Saber ambiental**. In: C.E.M., HOGAN, D.J., NAVEGANTES, Raul (editores), São Paulo: Signus, 2000, p. 19-51.

____. **Complexidade ambiental**. São Paulo: Vozes, 2003.

MORIN, Edgar. **Ciência com Consciência**. 13ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SACHS, Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSTYN, M. (Org.). **Desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1994.

SILVA, V. B. dá; CRISPIM, J. de Q. **Um breve relato sobre a Questão Ambiental**. Revista GEOMAE – Geografia Meio Ambiente e Ensino. Vol. 02, nº1, 1º SEM/2011.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão Ambiental; instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. Atlas: São Paulo, 2007.

TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. Atlas: São Paulo, 2002.