

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 6

Editorial

Destacamos, uma vez mais, a importância que esta publicação possui, em face ao grande número de trabalhos oriundos da produção técnico-científica dos trabalhos de conclusão de curso (TCC) das Engenharias aqui abordadas.

Também salientamos que adotamos incluir outros gêneros textuais, descritos abaixo, para justamente agilizar, motivar e incrementar as possibilidades de publicação. Sendo assim, tais modalidades podem envolver não apenas os trabalhos resultantes dos TCCs mas, também outros tipos de investigações técnico-científicas.

Assim, reforçamos estas outras possibilidades de gêneros:

Resenha crítica: 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

ENGENHARIA CIVIL

Levantamento da situação da estação de tratamento de esgoto e alternativa paralela para o tratamento de esgoto na cidade de Braúna-SP

Bruna Bevilacqua Torres, Fabiano Vinicius Figueredo Pereira, André Luís Gamino, Natalia Felix Negreiros 03

Estudo de caso de fundação rasa e profunda Fundamentação de projeto em razão das cargas aplicadas e parâmetros físicos e mecânicos do solo

Ana Beatriz Shorane, Melissa de Aguiar Mastelini¹ Rebeca Cavichia Martins, Giuliano Pincerato..... 19

Avaliação da resistência à tração do concreto estrutural reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET) reciclado

Monique Anselmo dos Santos, Thamires Rafaela Santin² Vanessa Paulina da Silva, André Luís Gamino 37

ENGENHARIA ELÉTRICA

Sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica

Higor Alexandre Miranda Rossino, Thiago de Oliveira Toth, Lucas Barros Garcia, Guliano Pierre Estévan 64

Sistema de aproveitamento de energia para rede elétrica a partir de frenagem regenerativa (Centrífugas de açúcar)

Alison Felipe Braga de Sena, Lucas dos Santos Bueno, Sergio Augusto Coppi Limeira, Stephanie Ferreira Pinto, Victor Hugo Fernandes, Giuliano Pierre Estevam 80

ENGENHARIA MECÂNICA

Desenvolvimento de máquina pneumática para bombeamento e projeção de materiais de construção civil

Rodrigo Coltro Canola, Diego Francisco Cardoso, Pablo Santos Garcia, Rogério Padial Maciel, Weverton De Souza Farias Alves, Fernando Noboru De Paiva, Norberto Januário Pereira 98

Projeto e desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC

Afonso Soliari, Caio César Rodrigues, Matheus de Lima Lucas Mariano, Rafael Rodrigues Scavassa, Ravachio Ferreira, Daniel Lucas de Oliveira 110

Melhorias técnicas e econômicas em uma válvula borboleta

Eduardo Carnavali Pierini, Gabriel Souza Guimarães de Mello, Rogério Caetano de Oliveira, Norberto Januário Pereira, Cleder Amarildo Ribeiro 126

ENGENHARIA MECATRÔNICA

Coleta de dados da pressão e temperatura de um biodigestor batelado com um supervisor

Lucas Henrique Viana 1 Guilherme Augusto de Moura Chaves, Vitor Matiussi Rustiquelli, Izaias Vieira Almeida, Rayanne Caroline Adi dos Santos Ribeiro, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos .. 136

Projeto de construção de uma máquina CNC de código aberto controlando laser, fresadora e impressora 3D

Enrique Baster Galea, Gabriela Siquera Versati, Gustavo Grigio Gabriel, João Vitor Chuderilli, Jonatas Dutra Siqueria, Paulo Henrique Marques Anjoulette, Daniel Lucas de Oliveira 149

Leito Monitorado

Ernani Antunes de Brito Junior, Jonathan Martins Comparoni, Lara dos Santos Nascimento 1 Luiz Felipe Barbosa Ciola, Murilo Gonzalez de Oliveira, Daniel Lucas de Oliveira 165

ARTIGO 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)

Giuliano Mikael Tonelo Pincerato, Marcio Túlio 176

Levantamento da situação da estação de tratamento de esgoto e alternativa paralela para o tratamento de esgoto na cidade de Braúna-SP

Survey of the Situation of the Sewage Treatment Plant and Parallel Alternative for the Treatment of Sewage in the City of Braúna-SP

Bruna Bevilacqua Torres¹
Fabiano Vinicius Figueredo Pereira¹
André Luís Gamino²
Natalia Felix Negreiros³

RESUMO

A proposta de execução deste trabalho foi avaliar e constatar que a atual estação de tratamento de esgoto sanitário, implantada no município de Braúna-SP não está atendendo os níveis de tratamento necessários; em contrapartida, foi apresentada uma alternativa paralela que visa à melhoria da sua eficiência para atender a população que cresce constantemente. A alternativa proposta consiste em um sistema de tratamento compacto, composto por gradeamento, estação elevatória, reator UASB e reator FBAS, com a finalidade de tratar adequadamente o esgoto gerado pelo município e substituir o sistema existente. Para fins de dimensionamento, adotou-se o reator FBAS como pós-tratamento do reator UASB, combinando processos anaeróbios e aeróbios, afim de obter maiores eficiências no tratamento e despejo final do efluente.

Palavras chave: estação compacta de tratamento de esgoto, UASB, FBAS, sistema de tratamento, efluentes.

ABSTRACT

The purpose of execution of this work was to evaluate and verify that the current sanitary sewage treatment plant located in the city of Braúna - S.P, it is not answering the necessary levels of treatment; on the other hand, a parallel alternative was presented that aims to improve its efficiency in serving the population that is constantly growing. The proposed alternative consists of a compact effluent treatment system, consisting of preliminary treatment, lift station, UASB reactor FBAS reactor, with the purpose of properly treating the sewage generated by the county and replacing the existing system. For purposes of sizing, both reactors presented conformity c with established criteria, the FBAS reactor was adopted as post-treatment of the UASB reactor, combining anaerobic and aerobic processes, in order to obtain greater efficiency in the treatment and final effluent disposal.

Key Words: compact sewage treatment station, UASB and FBAS reactor, treatment system, effluents.

Introdução

Desde a antiguidade a água exerce papel fundamental para o desenvolvimento humano, é um bem natural insubstituível e a principal fonte de vida que existe. As primeiras

civilizações se desenvolveram ao redor de cursos d'água, pois havia a necessidade de alimentar toda a tribo e se instalar próximas a lugares que dispunham de recursos hídricos: essa premissa era essencial para que os povos pudessem ter acesso a água potável e a terras férteis para cultivarem seus alimentos (FABER, 2011). Deste modo, as civilizações foram crescendo em um ritmo consideravelmente acelerado e, conseqüentemente, os resíduos produzidos também; a partir desse fato, surgiu a obrigação de criar soluções que pudessem conter esse aumento de resíduos e garantir a qualidade da água: a essa solução deu-se o nome de saneamento.

Entende-se que saneamento é o conjunto de medidas que visam preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica (TRATA BRASIL, 2012). Atualmente, de acordo com o relatório divulgado pela OMS e UNICEF, em 2017, cerca de 4,5 bilhões de pessoas carecem de saneamento seguro no mundo. A escassez desse serviço deixa a população exposta às condições insalubres de convivência, tornando-a vulnerável às diversas doenças.

Com o advento da Lei nº 11.445/07, foi cunhado o conceito de saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas, assegurando que todos tenham acesso a esses serviços (BRASIL, 2007). Porém, o cenário do país é bem diferente; de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016) mais de 35 milhões de brasileiros não têm acesso ao abastecimento de água tratada e cerca de 100 milhões não têm acesso ao serviço de coleta de esgoto.

O tratamento de esgoto no Brasil está longe de ser eficaz; de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016), apenas 44,92% do esgoto do país é tratado e apenas 10 das 100 maiores cidades tratam acima de 80% de seus esgotos. As regiões Norte e Nordeste são as mais carentes quando o assunto é o tratamento de esgoto, pois cerca de 18,3% e 36,22%, respectivamente, de seus esgotos são tratados.

O tratamento de esgoto é, sobretudo, uma medida de saneamento básico que consiste em acelerar o processo de purificação da água para que ela possa ser disposta de forma adequada no meio ambiente ou reutilizada, já que a água se transforma em esgoto a partir de atividades cotidianas, como tomar banho, lavar roupa, lavar as mãos, entre outras. Cerca de 99,9% do volume do esgoto pode ser água e 0,1% ou mais, pode ser matéria orgânica e o principal objetivo do tratamento é desfazer essa mistura, segundo CESAN (2013).

Atualmente, existem inúmeros processos para o tratamento de esgoto, individuais ou combinados. Para decidir qual o processo a ser empregado, deve-se levar em consideração, principalmente, as condições do curso d'água receptor (estudo de autodepuração e os limites definidos pela legislação ambiental) e a característica do esgoto bruto gerado. É necessário certificar-se da eficiência de cada processo unitário e de seu custo, além da disponibilidade de área (IMHOFF; IMHOFF, 1996).

Existe uma classificação por níveis para o tratamento de esgoto: preliminar, primário, secundário e terciário, que têm por objetivo remover os poluentes de forma adequada. Von Sperling (1996) cita que os aspectos importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgoto são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos por mecanismos biológicos da matéria orgânica e de possíveis nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, enquanto o tratamento terciário visa remover poluentes específicos como compostos biodegradáveis e poluentes que não foram removidos de forma suficiente no tratamento secundário.

O presente trabalho aborda a situação atual da estação de tratamento de esgoto da cidade de Braúna-SP e propõe uma alternativa para a substituição da mesma. O município faz parte da UGRHI 19, Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê. No que se refere à zona urbana, a cidade de Braúna-SP possui, atualmente, rede de abastecimento público de água em quase a totalidade da malha urbana, e aproximadamente 89,5% de esgoto sanitário coletado em rede pública, segundo o IBGE (2017), estando à totalidade destas águas residuárias afastadas e despejadas em um sistema de tratamento por lagoas de estabilização executado na zona rural do município (PREFEITURA, 2004).

Materiais e Métodos

O presente trabalho, foi composto de dois reatores, sendo eles: anaeróbio e aeróbio, respectivamente; ambos em formas de colunas. Como sugestão de substituir o atual sistema de tratamento de esgoto localizado no município Braúna-SP.

Com base nos dados censitários (IBGE, 2017) determinou-se a população futura, para o ano de 2038, com um período de alcance de 20 anos.

Para o cálculo das vazões afluente de esgoto foi utilizado o método de Von Sperling (1996), determinação de vazão média ($Q_{méd}$), vazão máxima diária ($Q_{max,dia}$) e vazão máxima (Q_{max}), sendo obtidas por meio das Eq. (1), Eq. (2) e Eq. (3), respectivamente. Onde os parâmetros utilizados para os coeficientes de retorno, de máxima vazão diária e horária são descritos pela NBR 9649 (ABNT, 1986) e o coeficiente per capita foi utilizado 150 L/hab×d, segundo a norma da CETESB (2006).

$$Q_{méd} = \frac{c \times P \times q}{86.400} \quad (1)$$

$$Q_{máx,dia} = \frac{c \times P \times q \times K_1}{86.400} \quad (2)$$

$$Q_{máx} = \frac{c \times P \times q \times K_1 \times K_2}{86.400} \quad (3)$$

Para este estudo, não há nenhuma indústria no município que tenha significância em termos de contribuição de esgoto ao sistema, logo, para cálculo da carga orgânica doméstica utilizou-se parâmetros descritos por Von Sperling (1996). A carga orgânica doméstica foi obtida através da NBR 12209 (ABNT, 2011), expresso na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros mínimos do afluente.

DBO	DQO	SSV
45 a 60 g DBO/hab×d	90 a 120 g DQO/hab×d	25 a 60 g/hab×d

Fonte: Adaptado da NBR 12209 (ABNT, 2011); Von Sperling (1997).

Para o dimensionamento do volume do reator UASB (Eq. 4), foram utilizados os critérios desenvolvidos por Chernicharo (2016).

$$V = Q_{max,dia} \times TDH \quad (4)$$

De acordo com o autor, a carga hidráulica volumétrica não deve ser superior a 5,00 m³/m³ × d, é descrita pela Eq. (5), bem como a carga orgânica volumétrica não deve ser superior a 3,50 kgDQO/m³ × d, expressa na Eq. (6).

$$CHV = \frac{Q_{máx,dia}}{V} \quad (5)$$

$$Cv = \frac{Q_{máx,dia} \times S_{o(DQO)}}{V} \quad (6)$$

Foi calculada a velocidade superficial do fluxo levando em consideração os coeficientes de pico diário ($Q_{máx,dia}$) por meio da Eq. (7).

$$V_{max,dia} = \frac{Q_{max,dia}}{A} \quad (7)$$

Para estimar a eficiência de DQO do reator são utilizados os parâmetros de tempo de detenção hidráulica (adotado 8h); a constante empírica 0,68 é descrita por Van Haandel; Lettinga (1994) e a constante empírica 0,35 é descrita por Chernicharo (2016), desta forma tem-se a Eq. (8).

$$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times TDH^{-0,35}) \quad (8)$$

Para a DBO, tem-se a Eq. (9), onde as constantes empíricas são 0,70 e 0,50, descritas por Chernicharo (2016) e os parâmetros de detenção hidráulica permaneceram os mesmos.

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times TDH^{-0,50}) \quad (9)$$

A velocidade de passagem no separador trifásico foi determinada pela Eq. (10).

$$V_{máx,dia} = \frac{Q_{máx,dia}}{S \times n^{\circ} \text{ reatores}} \quad (10)$$

Para o dimensionamento do reator FBAS, foram utilizados métodos desenvolvidos combinados por Von Sperling (2016); Metcalf; Eddy (2016); Van Haandel; Marais (1999). O cálculo do volume útil do filtro aeróbio Eq. (11), expressa pela NBR 13969 (ABNT, 1997).

$$V = 400 + 0,25 \times N \times C \quad (11)$$

O volume do reator aeróbio é dado por meio da Eq. (12).

$$S = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \quad (12)$$

O volume é originário da área livre do cilindro, que corresponde à área da seção do reator subtraída da área do decantador secundário, considerando o cone do decantador no interior do reator aeróbio Eq. (13).

$$V = (A \times d) + (V_{inf} - V_{cone}) \quad (13)$$

Para a verificação da carga orgânica volumétrica, utilizou-se o método de Metcalf; Eddy (2016), conforme a Eq. (14).

$$Cv = \frac{Q_{máx,dia} \times S_{0(FBAS)}}{V} \quad (14)$$

De acordo com a NBR 12209 (ABNT, 2011), a carga orgânica volumétrica aplicada deve ser igual ou inferior a 1,8 kgDBO/m³×d.

Para a verificação da carga orgânica superficial, foi utilizado a Eq. (15), desenvolvida por Metcalf; Eddy (2016) e para a determinação do volume do meio suporte, utilizou-se a Eq. (16).

$$Cs = \frac{Q_{máx,dia} \times S_{0(DQO-FBAS)}}{A_{sup} \times V_{meio}} \quad (15)$$

Conforme expresso na NBR 12209 (ABNT, 2011), a carga orgânica superficial aplicada, deve ser inferior a 15 gDBO/m²×d.

$$V_{meio\ suporte} = \frac{\pi}{4} \times (D^2 + d^2) \times h_{meio} \quad (16)$$

Para a realização do levantamento topográfico planialtimétrico cadastral utilizaram-se duas unidades do aparelho GPS para obtenção de coordenadas geográficas reais (X, Y, Z) que foram inseridas na Estação Total.

Uma unidade do aparelho GPS foi utilizada como base de monitoramento contínuo, homologada pelo IBGE; a mesma foi instalada em um ponto específico determinado pela empresa que prestou assistência com os equipamentos necessários para a execução deste levantamento e posteriormente deste trabalho. A outra unidade do aparelho GPS foi utilizada para rastrear dois marcos que foram cravados na área, em forma de piquetes.

Posteriormente os dados coletados em campo foram encaminhados ao escritório da empresa e lançados no *software Magnet Office Tools*, para rastrear as coordenadas obtidas pelos dois pontos por meio do GPS.

Retornou-se em campo com os marcos processados e homologados pelo satélite, instalou-se a Estação Total no piquete E1 inserindo a coordenada processada para esse piquete, em seguida, visou-se a ré no piquete E0 utilizando um prisma, a partir disso, foi levantada a área onde se encontra a atual estação de tratamento de esgoto e área

remanescente para implantar a proposta do trabalho; com esses dados, foi realizada a caderneta de campo no *software Topograph 98 SE*.

Resultados e Discussões

Adotou-se um sistema composto por quatro etapas, sendo elas: tratamento preliminar, no qual utilizou-se um gradeamento fino e uma caixa de areia para retirada de sólidos que possam prejudicar o sistema de tratamento e bombeamento; EEE, a qual foi utilizada como tanque de equalização, mantendo a vazão constante do efluente a ser encaminhado para a próxima etapa; reator UASB, onde ocorrerá o tratamento do esgoto por meio de processos anaeróbios de fluxo ascendente; e para complementar o tratamento foi utilizado um reator FBAS com a inclusão de um decantador secundário, que trata os esgotos por processos aeróbios.

Com base nas bibliografias e normas apresentadas, a Tabela 2 contém os valores obtidos para a estimativa da população futura, cargas e concentrações orgânicas fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 2 – Pré-dimensionamento para a ETE compacta no município de Braúna-SP

População futura (Pop_x)	7351	hab
Carga orgânica ($C_{org(DQO)}$)	367550	gDBO/d
Carga orgânica ($C_{org(DBO)}$)	735100	gDQO/d
Concentração média de afluente ($S_{o(DBO)}$)	347,2213	g/m ³
Concentração média de afluente ($S_{o(DQO)}$)	694,4425	g/m ³

As vazões de projeto encontram-se na Tabela 3 devido a utilização em diversas formas com unidades de medida diferentes.

Tabela 3 – Vazões de projeto para a ETE compacta no município de Braúna-SP

	m ³ /d	m ³ /h	L/s
Vazão média ($Q_{méd}$)	882,1181	36,7549	10,2097
Vazão máxima diária ($Q_{máx,dia}$)	1058,5469	44,1061	12,2517
Vazão máxima horária ($Q_{máx}$)	1587,8160	66,1590	18,3775

A primeira etapa deste trabalho, consistiu em um dimensionamento do gradeamento do sistema, após serem realizados os cálculos com os parâmetros adotados previamente definidos, foram obtidos os valores expressos na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensionamento da grade como tratamento preliminar da ETE compacta em Braúna-SP

Área útil (A_u)	0,0307	m ²
Eficiência da grade (E)	44,05	%

Área total (A_t)	0,0697	m ²
Largura do canal (b)	0,1394	m

Conforme pode-se observar, a largura do canal (b), resultou em 0,14m aproximadamente, para uma altura máxima de 0,50m; portanto, é um valor relativamente baixo para o seu uso, e partindo-se de pesquisas em trabalhos correlatos, adotou-se uma largura de 0,50m.

Em seguida foi dimensionado a perda de carga do gradeamento com os resultados descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Perda de carga do gradeamento da ETE compacta em Braúna-SP

Velocidade de passagem (V)	0,60	m/s
Velocidade na grade (V_0)	1,20	m/s
Velocidade a montante da grade (v)	0,2643	m/s
Perda de carga na grade (h_f)	0,0998	m

A perda de carga não atingiu o valor mínimo, dessa forma, é recomendado que seja adotado o parâmetro mínimo de 0,15m, sugerido por Metcalf; Eddy (2016).

E, por fim, dimensionou-se o comprimento e a quantidade de barras necessárias para o gradeamento dados pela Tabela 6.

Tabela 6 - Comprimento e quantidade de barras da ETE compacta em Braúna-SP

Altura total (h')	0,45	m
Comprimento da grade (c)	0,5196	m
Número de barras (n)	15	barras

A segunda etapa, foi o dimensionamento de uma caixa de areia para o sistema de tratamento, onde as dimensões obtidas encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Dimensões da caixa de areia para a ETE compacta em Braúna-SP

Área da seção transversal (A)	0,0408	m ²
Largura da caixa de areia (B)	0,136	m
Comprimento da caixa de areia (L)	6,75	m
Taxa de escoamento superficial (T_x)	1153,1012	m ³ /m ² ×d

Posteriormente, calculou-se o volume e a altura de areia acumulada na caixa, os dados obtidos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros da caixa de areia para a ETE compacta em Braúna-SP

Volume de areia retida na caixa de areia (V_{areia})	40,2247	L
Altura diária de areia acumulada na caixa (h)	0,0438	m

Massa de areia acumulada na caixa (M)	106,53	kg
---------------------------------------	--------	----

A partir os valores encontrados, determinou-se que o intervalo de tempo para a limpeza da caixa deve ser realizada quando a areia acumulada atingir metade do $h_{m\acute{a}x}$ adotado. Portanto tem-se um intervalo de tempo para a limpeza da caixa de quatro dias.

Na segunda etapa, foi determinado o volume útil da ETE onde obteve-se 22,0531 m³ para um TDH de 30 min.

A terceira etapa, apresenta os resultados obtidos no dimensionamento do reator UASB, sendo os volumes descritos pela Tabela 9.

Tabela 9 - Volume dos reatores da ETE compacta em Braúna-SP

Volume médio ($V_{méd}$)	294,0392	m ³
Volume máximo diário ($V_{m\acute{a}x, dia}$)	352,8488	m ³
Volume máximo ($V_{m\acute{a}x}$)	529,2721	m ³

Após essa etapa de dimensionamento, foram calculadas as cargas aplicadas (hidráulica e orgânica), expressas na Tabela 10

Tabela 10 - Cargas aplicadas na ETE compacta em Braúna-SP

Carga hidráulica volumétrica (CHV)	2,8570	m ³ /m ³ × d
Carga orgânica volumétrica (C_v)	1,9840	kgDQO/m ³ × d

Logo em seguida, foram comparados com os valores determinados por Chernicharo (2016), sendo eles: $\leq 5,00$ m³/m³×d, para carga hidráulica volumétrica, e $\leq 3,50$ kgDQO/m³, para carga orgânica volumétrica.

Posteriormente, com as vazões de projeto já definidas calcularam-se as velocidades superficiais de fluxo, conforme apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Velocidades superficiais do fluxo da ETE compacta em Braúna-SP

Velocidade média ($V_{méd}$)	3,6109	m/h
Velocidade máxima diária ($V_{m\acute{a}x, dia}$)	4,3331	m/h
Velocidade máxima ($V_{m\acute{a}x}$)	6,4996	m/h

Realizada a comparação foi observado que os parâmetros estão de acordo com os critérios relatados por Chernicharo (2016).

Para estimativa de eficiência, utilizou-se constantes empíricas em relação ao TDH, e obteve-se 65% e 75% para DQO e DBO respectivamente, porém a falta de informações para obtenção das constantes empíricas, dificulta a confiança nesses resultados. Portanto, pressupondo que ocorra alguns desvios nessa eficiência, adotaram-se valores inferiores, sendo eles, 55% para DQO e 65% para DBO.

A partir dessas eficiências foram calculadas as concentrações de DQO e DBO efluentes expostas na Tabela 12.

Tabela 12 - Concentração de DQO e DBO da ETE compacta em Braúna-SP

Concentração de DQO efluente (S_{DQO})	312,4991	mg/L
Concentração de DBO efluente (S_{DBO})	121,5275	mg/L

Os parâmetros necessários para dimensionar a produção de biogás estão expressas na Tabela 13.

Tabela 13 - Produção de biogás da ETE compacta em Braúna-SP

Carga de DQO convertida em metano (DQO_{CH_4})	198,4648	kgDQO _{CH₄}/d}
Fator de correção para temperatura operacional ($f_{(t)}$)	2,6302	gDQO/L
Produção volumétrica de metano (Q_{CH_4})	75,4561	kgDQO/m ³
Produção volumétrica de biogás ($Q_{biogás}$)	94,3201	m ³ /d

Conhecer a quantidade de biogás a ser produzida pelo reator é fundamental, sabendo-se que o mesmo, pode ser utilizado como fonte energética, porém, para o presente trabalho o biogás não será destinado a esse uso. Sabendo que o mesmo pode causar impactos ao meio ambiente, determinou-se que o biogás deve ser encaminhado a um filtro, recebendo um tratamento por meio do processo de carvão ativado.

Na Tabela 14 estão descritos valores obtidos em relação a quantidade de carvão ativado.

Tabela 14 - Carvão ativado da ETE compacta em Braúna-SP

Produção de gás sulfídrico (Q_{H_2S})	2,8247	L/d
Massa de gás sulfídrico (m_{H_2S})	4,3473	kd/d
Massa de carvão ativado ($m_{carvão}$)	5240,4332	g/d
Tempo de duração do carvão no filtro (T)	9,5413	d

Conforme observado, foi obtido um tempo de duração do carvão para tratamento do biogás de aproximadamente 10 dias, por conta do filtro adotado que contém 1m³.

Para a produção de lodo levou-se em consideração os parâmetros previamente calculados, como expressos na Tabela 15.

Tabela 15 - Produção de lodo da ETE compacta em Braúna-SP

Produção de sólidos no sistema (P_{lodo})	62,4998	kg/d
Produção volumétrica de lodo (V_{lodo})	1,2255	m ³ /d

A partir dos resultados obtidos para a produção volumétrica de lodo permitiu-se a comprovação de que processos anaeróbios tem uma produção de lodo inferior equiparadas

aos sistemas convencionais. Os cálculos apresentam conformidade com o embasamento teórico apresentado, onde, uma carga total de DQO aplicada ao sistema, gera cerca de 5% de lodo.

Deve-se salientar a importância da amostragem e retirada do lodo gerado no sistema, Chernicharo (2016) propõe pontos de amostragem a cada 50 cm a partir do fundo do reator até a parte inferior do defletor de gases, para monitoramento contínuo do crescimento da biomassa; e posteriormente sua retirada, para que não supere o nível de defletor.

Para concluir o dimensionamento da etapa anaeróbia determinou-se as velocidades através da abertura de passagem do decantador, exibidas na Tabela 16.

Tabela 16 - Velocidades para passagem do decantador da ETE compacta em Braúna-SP

Velocidade média ($V_{méd}$)	2,2010	m/h
Velocidade máxima diária ($V_{máx,dia}$)	2,6412	m/h
Velocidade máxima ($V_{máx}$)	3,9618	m/h

A quarta e última etapa, apresenta o dimensionamento do reator FBAS, onde o volume útil da câmara de reação é de 276,0625 m³. Considerando-se o decantador secundário no interior do reator aeróbio, portanto, subtraindo o volume do decantador no reator, tem-se 25,4647 m³ por reator.

Por ser um reator aeróbio à necessidade da presença de ar, sendo assim a Tabela 17, apresenta fatores importantes em relação a taxa de oxigênio em campo e a taxa a ser empregue no sistema.

Tabela 17 - Taxa de oxigênio da ETE compacta em Braúna-SP

Vazão de ar necessária (Q_{ar})	416,6655	m ³ /h
Taxa de transferência de oxigênio (Q_{O_2})	106,7496	kg ar/h
Fator de correção da concentração de saturação de O ₂ na água	0,9497	-
Taxa de transferência de oxigênio padrão ($TTO_{padrão}$)	160,0619	kg O ₂ /h
Vazão de ar necessária, convertida (Q_{ar})	10,4126	m ³ /min

A partir da taxa corrigida a ser empregue no sistema, foi possível a determinação da quantidade de difusores de ar necessária para atender a demanda do sistema. Sendo encontrado o valor de 13 difusores de ar por reator aeróbio.

Em seguida, verificou-se as cargas orgânicas volumétrica e superficial demonstradas na Tabela 18.

Tabela 18 - Cargas orgânicas da ETE compacta em Braúna-SP

Carga orgânica volumétrica (C_v)	0,6889	kgDQO/m ³ × d
Volume do meio suporte (V_{meio})	18,4631	m ³

Carga orgânica superficial (C_s)	3,1673	gDQO/m ² × d
--------------------------------------	--------	-------------------------

De acordo com os valores obtidos, notou-se conformidade com os parâmetros fornecidos NBR 12209 (ABNT, 2011), onde a carga orgânica volumétrica, deve ser $\leq 1,8$ kgDBO/m³×d; e a carga orgânica superficial deve ser < 15 gDBO/m²×d.

Com a necessidade da remoção do fósforo do sistema por conta da eutrofização, que o mesmo pode causar a corpos d'água, obteve-se os valores inseridos na Tabela 19.

Tabela 19 - Remoção de fósforo da ETE compacta em Braúna-SP

Massa de lodo ativo presente no sistema (C_r)	1,6463	mgDQO/d
Quantidade removida de fósforo (P_1)	12,0881	mg/L

Foi necessário estimar a quantidade de lodo produzida na etapa aeróbia com base nos parâmetros adotados e identificados. Os valores obtidos para essa etapa encontram-se na Tabela 20.

Tabela 20 – Estimativa de lodo na etapa aeróbia da ETE compacta em Braúna-SP

Coefficiente de produção observado (Y_{obs})	0,1838	
Produção de lodo excedente no sistema (P_x)	101,0899	m ³ /d
Carga referente ao volume de lodo de retorno (CR_{lodo})	46,8749	mgDQO/d
Eficiência (E)	4,7344	kg/d
Produção de lodo relativo a carga orgânica efluente (P_{lodo})	1,8937	kg/d
Volume de lodo relativo a carga orgânica efluente (V_{lodo})	0,0371	m ³ /d
Volume total (V_{total})	1,2626	m ³ /d

Para finalizar o dimensionamento do sistema compacto para tratamento de esgoto foi determinado o volume da câmara de sedimentação do decantador secundário; onde obteve-se o valor de 220680 litros. Portanto, como foi escolhido esse sistema no interior do processo anterior, adotou-se um volume de 24,70 m³, o qual atende o parâmetro descrito por Chernicharo (2016).

Conclusões

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou o dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto compacta para o município de Braúna-SP, com o intuito de substituir o sistema existente, afim de melhorar as condições do tratamento de efluentes, bem como o meio ambiente.

Com o levantamento topográfico planialtimétrico cadastral foi possível concluir que a área onde se encontra a atual estação de tratamento de esgoto do município é suficiente para instalar a alternativa proposta, o que se torna uma vantagem, pois, para a futura

implantação do projeto não haverá necessidade de gastos com a aquisição de uma área e a tubulação pode se manter a mesma.

A configuração do sistema foi estabelecida com base em bibliografias que comprovam que os métodos aplicados são mais eficientes que os convencionais, além de otimizarem espaço – obstáculo presente na maioria das cidades – apresentam facilidade quanto a adaptação em relação a necessidade de cada local.

De acordo com as bibliografias apresentadas, o tratamento preliminar é essencial para reter os materiais grosseiros, preservando a integridade e funcionalidade das bombas do sistema; a estação elevatória como tanque de equalização também se faz necessária para o processo, pois sua função de estabilizar a vazão torna o fluxo de efluentes constante, que serão encaminhados para a próxima etapa do tratamento.

Para o processo anaeróbio de tratamento foi escolhido o reator UASB, por apresentar ligeiras vantagens em relação aos reatores comparados – por meio das bibliografias retratadas – e, por ser o mais utilizado em estações compactas no país. Mesmo sendo uma tecnologia nova no Brasil o reator UASB é o que mais se destaca e vem sendo implantado como proposta de modernização dos sistemas de tratamento.

O dimensionamento do reator UASB apresentou conformidade com os parâmetros estabelecidos pelas bibliografias utilizadas e pelas normas brasileiras regulamentadoras, embora para determinar a eficiência do reator, sejam indispensáveis as constantes empíricas; por falta de informação para obter os valores recomendados pelas bibliografias, optou-se por diminuir as eficiências na remoção de DBO e DQO, uma vez que as constantes empíricas são determinadas por observação.

Assim como no processo anaeróbio, foram comparados diferentes tipos de reatores e a opção escolhida para a etapa aeróbia de tratamento foi o reator FBAS, pois tem a função de complementar os processos anaeróbios de tratamento, visto que, apresenta capacidade de remover a matéria orgânica proveniente do reator UASB.

A escolha do reator FBAS também teve a influência do material suporte utilizado, o anel Pall é uma tecnologia que vem sendo empregada em reatores desse tipo e sua vantagem se dá pelo fato de serem fabricados em polipropileno, tornando-os mais leves e com maiores índices de vazios – o que facilita o crescimento do biofilme.

Para atender às legislações ambientais, referente aos parâmetros monitorados nessa pesquisa, o efluente, está em conformidade para ser despejado no córrego Água Limpa. A resolução CONAMA 430/2011 foi a legislação federal utilizada como parâmetro do projeto, pois recomenda os limites de lançamento de efluentes sanitários e de acordo com o dimensionamento realizado o sistema se adequa aos limites estabelecidos.

Por fim, o projeto mostrou-se uma alternativa satisfatória para o tratamento de esgoto doméstico do município, suprimindo a escassez do atual sistema; se implantado o projeto, com base nos cálculos realizados, os autores estimam uma remoção de DBO e DQO superior a 90% na combinação de UASB+FBAS.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011. 53p.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60p.

_____. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986. 7p.
BRASIL. LEI Nº 11.445, DE JANEIRO DE 2007. **ESTABELECE DIRETRIZES NACIONAIS PARA O SANEAMENTO BÁSICO**. Brasília, DF, jan. 2007.

Brasil, 2011. Resolução CONAMA nº 430, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre as “condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA”**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

CESAN – COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO. **Apostila tratamento de esgoto**. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA_TRATAMENTO_ESGOTO.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2018

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo (2006). **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água**. Vol 1,2 ed. São Paulo.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios** – 2ª ed. ampl. e atual. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

FABER, M. **A Importância dos Rios para as Primeiras Civilizações**. 1ª Ed. 2011. Disponível em: <http://www.historialivre.com/antiga/importancia_dos_rios.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama do município de Braúna.** 2017. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/brauna/panorama>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

IMHOFF, K. R.; IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias.** São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

METCALF; EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos.** Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. – 5ª ed. – Porto Alegre: AMGH, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAÚNA. **Dados sobre a infraestrutura sanitária existente.** Braúna, 2004.

SNIS – **SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

TRATA BRASIL. Saneamento é saúde. **Baixo avanço do saneamento básico nas maiores cidades brasileiras compromete universalização nos próximos 20 anos (2012).** Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br>>. Acesso em: 23 fev. 2018.

VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS, G. O (1999). **Comportamento do sistema de lodo ativado.** Epgraf. Campina Grande, PB.

VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgoto. Um manual para regiões de clima quente.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte, UFMG. v.2. 211 p. 1996.

Estudo de caso de fundação rasa e profunda Fundamentação de projeto em razão das cargas aplicadas e parâmetros físicos e mecânicos do solo.

Case study of shallow and deep foundation (Project substantiation in reason of applied loads and physical's and mechanical's parameters of the soil).

Ana Beatriz Shorane¹
Melissa de Aguiar Mastelini¹
Rebeca Cavichia Martins¹
Giuliano Pincerato²

RESUMO

A fundação de uma estrutura é uma etapa de extrema importância, pois sua função é distribuir as cargas exercidas pela edificação para o solo. São divididas em fundação rasa e profunda. A escolha adequada dependerá do perfil do subsolo em questão, isto é, suas características geotécnicas e seu comportamento mecânico. Este trabalho teve como embasamento o estudo de caso de duas edificações com diferentes tipos de fundações, o primeiro com sua fundação executada em sapata e o segundo com sua fundação executada em tubulão. Analisaram-se seus respectivos ensaios de simples reconhecimento do Solo (SPT) e com base em seus resultados dimensionaram-se as fundações correspondentes aos pilares escolhidos. Concluiu-se que os resultados obtidos foram satisfatórios, tanto para o tipo de solo, quanto para a carga exercida, provando que as fundações executadas foram adequadas.

Palavras-Chave: cargas admissíveis do solo fundação, fundação, tubulão, sapata, SPT.

ABSTRACT

The structure's foundation is an extremely important stage, the main function is to distribute the loads exerted by the building to the ground. They are classified in shallow and deep foundation. The appropriate choice will depend of the subsoil profile, that is, its geotechnical characteristics and its mechanical behavior. This project will be based on the study of two buildings with different types of foundation, the first one with foundation executed in footing and the second with foundation executed in pier. Their respective Standard Penetration Test (SPT) were analyzed and based on the results, the foundations corresponding to the chosen pillars were sized. It was concluded, that all the results acquired for both foundation were satisfactory for the soil types and load acting, it proves that the executed foundations were appropriate.

Key-words: permissible soil loads, foundation, pier, footing, SPT.

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

² Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba - SP

Introdução

Ao projetar um edifício, ou uma obra em geral, é de suma importância o conhecimento do local a ser instalado e executado. Tal investigação levará à escolha correta do tipo de infraestrutura a ser utilizada. A escolha adequada dependerá do perfil do solo em questão, isto é, suas características geotécnicas e seu comportamento mecânico.

Para isso, é fundamental reconhecer não apenas as camadas de subsolo existentes no local, mas também a posição do nível d'água e o índice de resistência do solo por camada. Essas características são determinadas por meio do estudo de investigação do subsolo, a sondagem.

Entre os tipos de sondagem existentes, destacam-se: sondagem a trado, sondagem à percussão (SPT), sondagem rotativa, sondagem mista, ensaio de cone (CPT) e ensaio pressiométrico.

Dentre os citados, a sondagem à percussão SPT (Standard Penetration Test), que é normatizada no Brasil pela NBR 6484 (2001), é o mais utilizado no país, já que seus equipamentos são de simples manuseio.

Neves (2004) afirma que:

O Ensaio de Simples Reconhecimento de Solos (SPT), normalizado no Brasil pela NBR 6484 (2001), constitui-se na obtenção de um índice de resistência conjugada com a coleta de amostras do solo em uma sondagem de simples reconhecimento através da cravação de um amostrador padrão sob a ação da queda de um martelo de 65 kg a uma altura de 75 cm. O valor do índice de resistência à penetração (NSPT) corresponde ao número de golpes para 30 cm de penetração do amostrador no solo, após uma cravação inicial de 15 cm.

Além do estudo do solo, os elementos essenciais para um projeto de fundação são: conhecimento da topografia do local, dados da estrutura que será construída e coleta de informações sobre construções vizinhas (VELLOSO; LOPES, 2004, p.13).

As fundações têm como objetivo transmitir todos os esforços da estrutura para o solo, visando sua estabilidade e longevidade. De acordo com a NBR 6122 (2010), as fundações são divididas em rasas e profundas. As fundações rasas transmitem seus esforços ao solo predominantemente pela base, e sua cravação se dá em uma profundidade inferior a duas vezes sua menor dimensão.

Já as fundações profundas, além de transmitirem esforços ao solo pela base, também podem transmitir através de sua área lateral, e são cravadas a uma profundidade superior a duas vezes sua menor dimensão. O presente trabalho irá aprofundar-se no estudo de fundações do tipo sapata e tubulão.

Segundo a NBR 6122 (2010), as sapatas são elementos de fundação superficial feitas de concreto armado e dimensionadas de modo que as tensões de tração nelas produzidas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo emprego da armadura.

Esse tipo de fundação é indicado para solos estáveis e de alta resistência superficial, pois suportam cargas elevadas e, em comparação com outros tipos de fundação superficial, podem assumir diversas formas geométricas para facilitar o apoio de pilares com formatos não convencionais. Há três tipos básicos: a isolada, corrida e a sapata associada (RAMOS *et al.* 2004, p. 22).

Já o tubulão, segundo a NBR 6122 (2010), é todo elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada.

A execução a céu aberto consiste na escavação manual ou mecanizada do fuste e a depender do solo, pode ser realizada de três maneiras: com contenção, sem contenção e com contenção parcial. Já a pneumática é empregada para tornar possível a escavação abaixo do lençol freático, empregando ar comprimido com pressão equivalente à pressão de água intersticial (HACHICH *et al.*, 1998, p.302).

Observa-se que uma fundação ao ser carregada, sofre recalques, que se processam, em parte, imediatamente após o carregamento e, em parte, com o decorrer do tempo.

Toda fundação sofre deslocamentos verticais, os chamados recalques, os quais podem ser horizontais ou rotacionais, conforme a solicitação que está submetida. Esses deslocamentos dependem do solo e da estrutura, isto é, resultam da interação solo-estrutura. Quando os valores desses deslocamentos ultrapassam certos limites, pode-se chegar ao colapso da estrutura suportada pelo surgimento de esforços para os quais ela não está dimensionada (VELLOSO; LOPES, 2004).

Materiais e métodos

No presente estudo buscou-se provar, por meio de cálculos, que a fundação escolhida para o projeto em estudo é adequada. A metodologia utilizada baseou-se na NBR 6122 (2010).

Inicialmente, foi calculada a tensão admissível do solo tanto no projeto de tubulão quanto no das sapatas. Empregou-se o método semiempírico, baseado nos estudos de sondagem do solo (Ensaio SPT) para tal resolução.

Com a obtenção dos valores de resistência dos solos, foi possível iniciar os cálculos. Foram escolhidos dois pilares de cada projeto para o cálculo de sua fundação. O critério utilizado na escolha dos pilares está relacionado com a carga solicitante do pilar. Dessa forma, os critérios utilizados foram: um pilar com a carga mais crítica de toda a edificação e outro que possua uma carga relativamente pequena comparado aos demais pilares da edificação em que se encontra, para que assim, pudessem ser determinadas suas respectivas características como: geometria, altura útil e volume.

Após a realização de todos os cálculos necessários, foi feita a comparação dos resultados obtidos com o projeto existente.

Fundação em tubulão

O projeto de fundação que foi utilizado no presente estudo foi de um edifício multifamiliar localizado na cidade de Araçatuba-SP. Os pilares escolhidos para a realização dos cálculos foram: P29, P20 e P22.

Primeiramente calculou-se a tensão admissível do solo utilizando o ensaio SPT. Para o cálculo da tensão admissível, calculou-se a média aritmética simples do NSPT (Índice de Resistência à Penetração).

$$NSPT = \frac{\sum N_{spt}}{2} \quad (1)$$

Onde:

NSPT: índice de resistência à penetração;

$\sum N_{spt}$: Somatório dos NSPT dos últimos 30 *cm* da camada estudada do ensaio SPT;

Segundo Cintra (2011 *apud* ALONSO, 1983. p. 116) *há uma regra similar, para o caso específico de tubulões, na qual o denominador reduzido de 50 para 30 leva em conta o efeito do embutimento da fundação no aumento da tensão admissível.*

$$\sigma = \frac{NSPT}{30} \quad (2)$$

Onde:

σ : tensão admissível do solo em $\frac{kN}{m^2}$;

NSPT: índice de resistência à penetração.

Tubulão circular.

Inicialmente, calculou-se o diâmetro da base com a seguinte equação:

$$Db = \sqrt{\frac{4P}{\pi\sigma}} \quad (3)$$

Onde:

Db: diâmetro da base em *m*;

P: carga solicitante do pilar *kN*;

σ : tensão admissível do solo em $\frac{kN}{m^2}$;

Já para o cálculo do diâmetro do fuste, foi utilizada a equação a seguir:

$$Df = \sqrt{\frac{4\gamma_f P}{0,85\pi \left(\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right)}} \quad (4)$$

Onde:

Df: diâmetro do fuste em *m*;

P: carga solicitante do pilar em *kN*;

f_{ck} : resistência característica do concreto à compressão em kPa ;

γ_f : coeficiente de majoração das ações (NBR 6122, 2010);

γ_c : coeficiente de minoração da resistência característica do concreto (NBR 6122, 2010);

A seguir calculou-se a área da base e sua altura com as seguintes equações:

$$Ab = \frac{P}{\sigma} \quad (5)$$

Onde:

Ab: área da base em m^2 ;

P: carga solicitante em kN ;

σ : tensão admissível do solo em $\frac{kN}{m^2}$;

$$H = \left(\frac{Db - Df}{2} \right) \tan 60^\circ \quad (6)$$

Onde:

H: altura da base em m ;

Db: diâmetro da base em m ;

Df: diâmetro do fuste em m ;

Por fim, verificaram-se os volumes, tanto do alargamento, quanto do volume total da base. As indicações dos locais representados por estes valores são visíveis na Figura 01, onde V_1 representa o volume de alargamento da base e V_2 representa o volume total da base.

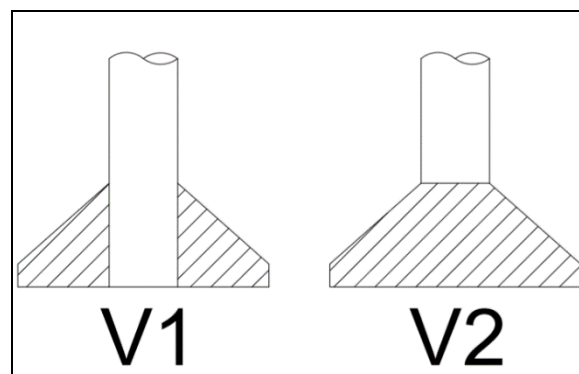


Figura 01: Volume total (V_2) e de alargamento da base (V_1)

Tubulão em falsa elipse

Para o dimensionamento de tubulões em falsa elipse, utilizou-se a seguinte fórmula para o cálculo do diâmetro do fuste:

$$Df = \sqrt{\frac{4\gamma_f P}{0,85\pi \left(\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right)}} \quad (7)$$

Para o cálculo da área da base:

$$Ab = \frac{P}{\sigma} \quad (8)$$

Já para o cálculo da altura da base os cálculos diferem-se do método anterior. Foram necessárias as determinações das outras dimensões como: raio da base e comprimento retangular da base que estão ilustrados na Figura 02. A situação ideal para o dimensionamento e execução é a qual o comprimento retangular da base equivale ao dobro do raio da base, ou seja, $x = 2r$.

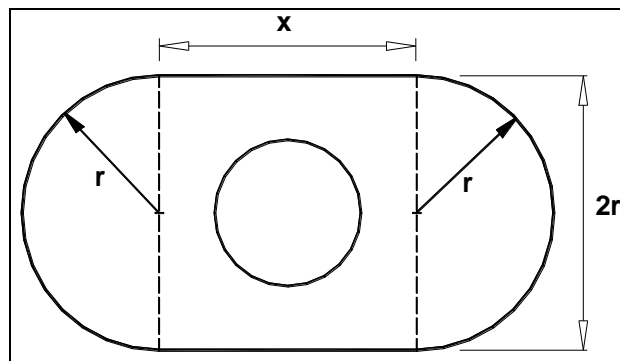


Figura 02: Dimensões de um tubulão em falsa elipse

Utilizando-se de um sistema, calcularam-se ambos os valores com as seguintes equações:

$$\begin{cases} x = 2r \\ Ab = 2rx + \pi r^2 \end{cases} \quad (9)$$

Onde:

x : comprimento retangular da base em m ;

r : raio da base em m ;

Ab : área da base em m^2 ;

Com os valores obtidos foi possível calcular a altura da base por meio da seguinte equação:

$$H = \frac{(x+2r)-Df}{2} \operatorname{tg}60^{\circ} \quad (10)$$

Onde:

H : altura da base em m ;

x : comprimento retangular da base em m ;

r : raio da base em m ;

Df : diâmetro do fuste em m ;

Por fim, calcularam-se os volumes, tanto do alargamento da base, quanto do volume total da base. Para isto foi necessário dividir a base do tubulão em três partes e encontrar seus respectivos volumes separadamente, esta divisão está indicada na Figura 03.

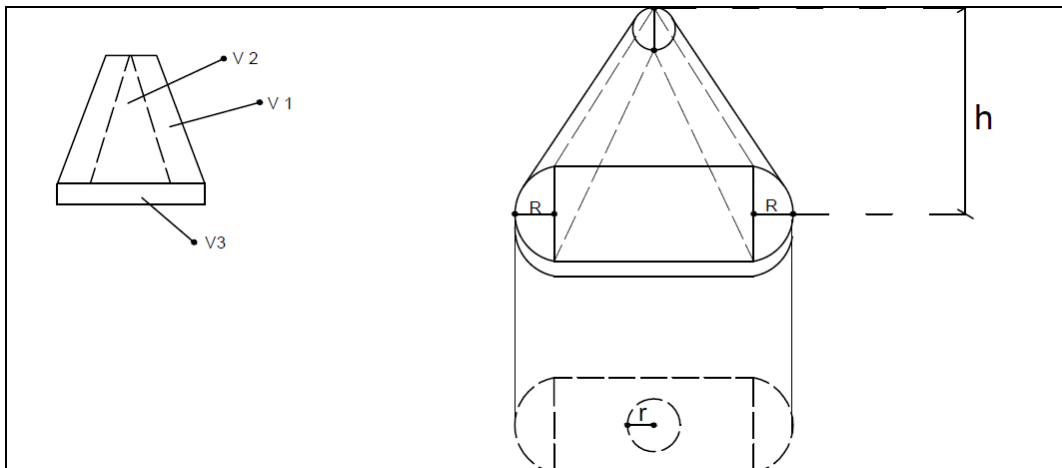


Figura 03: Subdivisão da base do tubulão para cálculo do volume

E assim empregaram-se as seguintes equações:

$$V_1 = \frac{\pi H}{3} (r^2 + d^2 + rd) \quad (11)$$

Onde:

V_1 : volume indicado na Figura 03 em m^3 ;

H : altura da base em m ;

r : raio da base em m ;

d : raio do fuste ($d = Df/2$) em m ;

$$V_2 = \frac{xH}{2}(r + d) \quad (12)$$

Onde:

V_2 : volume indicado na Figura 03 em m^3 ;

x : comprimento retangular da base em m ;

H : altura da base em m ;

r : raio da base em m ;

d : raio do fuste ($d = Df/2$) em m ;

$$V_3 = (\pi r^2 + 2rd)h_0 \quad (13)$$

Onde:

V_3 : volume indicado na Figura 03 em m^3 ;

r : raio da base em m ;

d : raio do fuste ($d = Df/2$) em m ;

h_0 : altura do rodapé em m ;

Finalmente, para o cálculo total da base utilizou-se a seguinte equação:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (14)$$

Onde:

V_{total} : volume total da base em m^3 ;

V_1 : volume indicado na Figura 03 em m^3 ;

V_2 : volume indicado na Figura 03 em m^3 ;

V_3 : volume indicado na Figura 03 em m^3 ;

Já para o cálculo do volume de alargamento da base utilizou-se a seguinte equação:

$$V_{al} = V_{total} - (\pi d^2 H) \quad (15)$$

Onde:

V_{al} : volume de alargamento da base em m^3 ;

V_{total} : volume total da base em m^3 ;

d : raio do fuste ($d = Df/2$) em m ;

H : altura da base em m ;

Fundação em sapata

O projeto de fundação que foi utilizado no presente estudo é de um edifício multifamiliar localizado na cidade de Araçatuba-SP.

Os pilares escolhidos para a realização dos cálculos foram: P11-2, P12-2 e P7-2.

Sapata isolada

Primeiramente calculou-se a tensão admissível do solo utilizando o ensaio SPT. Como realizado anteriormente, para o cálculo da tensão admissível, calculou-se através de uma média aritmética simples o NSPT (Índice de Resistência à Penetração), de acordo com a seguinte fórmula:

$$NSPT = \frac{\sum N_{spt}}{2} \quad (16)$$

De acordo com Cintra (2011, p. 112) *no meio técnico brasileiro é conhecida a seguinte regra para obter a tensão admissível em fundações diretas por sapatas, em função do índice de resistência a penetração do SPT por meia da seguinte equação:*

$$\sigma = \frac{NSPT}{50} \quad (17)$$

Onde:

σ : tensão admissível do solo em $\frac{kN}{m^2}$;

NSPT: índice de resistência à penetração;

Posteriormente, calculou-se a dimensão que o pilar ocupará em conjunto com a forma, este espaço é denominado mesa. Usualmente, a forma possui espessura de 5 *cm*:

$$a = a_0 + 0,05 \quad (18)$$

$$b = b_0 + 0,05 \quad (19)$$

Onde

a : maior dimensão da mesa em m ;

b : menor dimensão da mesa em m ;

a_0 : maior dimensão do pilar em m ;

b_0 : menor dimensão do pilar em m ;

Calcularam-se também as dimensões das sapatas através das fórmulas a seguir:

$$A - B = a - b \quad (20)$$

Onde:

A : maior dimensão da sapata em m ;

B : menor dimensão da sapata em m ;

a : maior dimensão da mesa em m ;

b : menor dimensão da mesa em m ;

$$A \cdot B = \frac{P}{\sigma} \quad (21)$$

Onde:

A : maior dimensão da sapata em m ;

B : menor dimensão da sapata em m ;

P : carga solicitante do pilar em kN ;

σ : tensão admissível do solo em $\frac{kN}{m^2}$;

Com estas informações, efetuou-se um sistema a partir das equações demonstradas acima:

$$\begin{cases} A \cdot B = \frac{P}{\sigma} \\ A - B = a - b \end{cases} \quad (22)$$

Onde:

A : maior dimensão da sapata em m ;

B : menor dimensão da sapata em m ;

E, através do método da substituição determinaram-se os valores de A e B .

É importante ressaltar que, segundo Alonso (1983, p. 3), sempre que possível, as dimensões de uma sapata isolada devem atender a seguinte condição: $A \leq 2,5B$.

Sapata associada

Inicialmente calculou-se o centro de carga dos pilares, pois o centro de gravidade da sapata deve coincidir com ele. Assim, utilizaram-se as seguintes equações:

$$x = \frac{P_2}{P_1 + P_2} \cdot d_1 \quad (23)$$

$$y = \frac{P_2}{P_1 + P_2} \cdot d_2 \quad (24)$$

Onde:

x : coordenada horizontal do centro de carga da sapata em m ;

y : coordenada vertical do centro de carga da sapata em m ;

P_1 : carga solicitante do P11-2 em kN ;

P_2 : carga solicitante do P12-2 em kN ;

d_1 : distância horizontal entre os centros dos pilares em m ;

d_2 : distância vertical entre os centros dos pilares em m ;

Neste caso, calcularam-se também as dimensões da mesa por meio das seguintes equações:

$$a = (a_0 + 0,05).2 \quad (25)$$

$$b = (b_0 + 0,05).2 \quad (26)$$

Onde

a : maior dimensão da mesa em m ;

b : menor dimensão da mesa em m ;

a_0 : maior dimensão do pilar em m ;

b_0 : menor dimensão do pilar em m ;

Após o dimensionamento da mesa, o cálculo da sapata associada assemelha-se ao da isolada. Portanto foram realizados os seguintes cálculos para determinar as dimensões da sapata:

$$A - B = a - b \quad (27)$$

Onde:

A : maior dimensão da sapata em m ;

B : menor dimensão da sapata em m ;

a : maior dimensão da mesa em m ;

b : menor dimensão da mesa em m ;

$$A \cdot B = \frac{P}{\sigma} \quad (28)$$

Onde:

A : maior dimensão da sapata em m ;

B : menor dimensão da sapata em m ;

P : soma das cargas solicitantes dos pilares envolvidos em kN ;

σ : tensão admissível do solo em $\frac{kN}{m^2}$;

Com estas informações, realiza-se um sistema, como demonstrado a seguir:

$$\begin{cases} A \cdot B = \frac{P}{\sigma} \\ A - B = a - b \end{cases} \quad (29)$$

Onde:

A: maior dimensão da sapata em *m*;

B: menor dimensão da sapata em *m*;

E, através do método da substituição calcularam-se os valores de *A* e *B*.

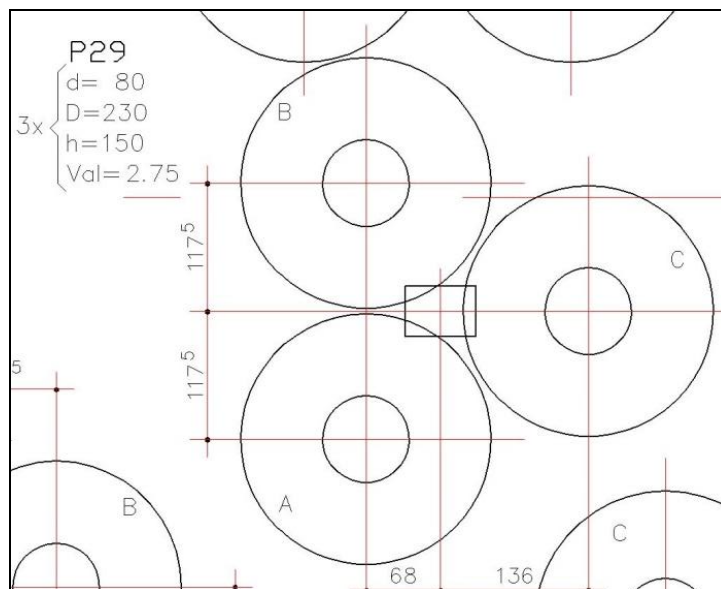
Resultados e discussões

Fundação em tubulão.

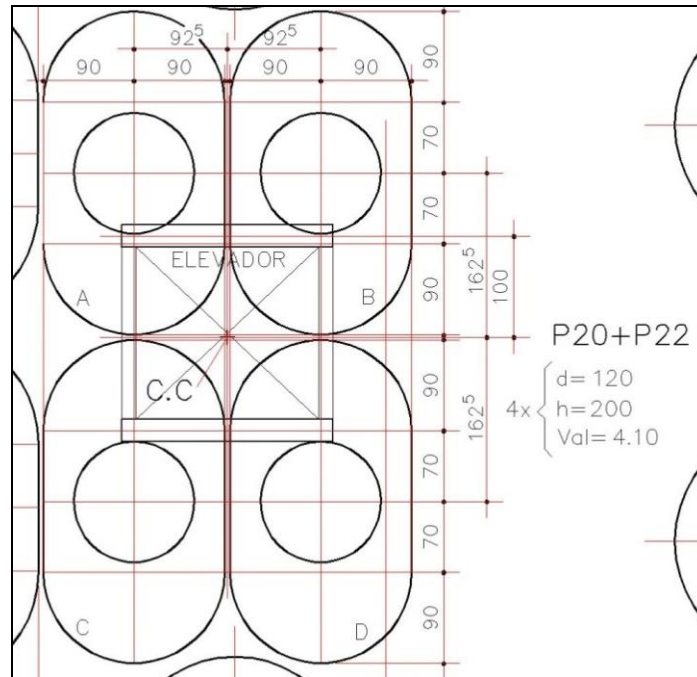
Tabela 01: Dados fornecidos em projeto

	Carga solicitante (kN)	Qtd. de tubulões (un)	Diâmetro da base (m)	Diâmetro do fuste (m)	Altura da base (m)	Volume de alargamento da base (m ³)
P29	710	3	2,3	0,8	1,5	2,75
P20	5780	2	*	1,2	2	4,1
P22	5990	2	*	1,2	2	4,1

* Tubulões executados em falsa elipse não possuem a dimensão diâmetro da base devido à sua geometria.



Figuras 04: Representação do pilar 29 em projeto (medidas em "cm"- sem escala)



Figuras 05: Representação dos pilares 20 e 22 em projeto (medidas em “cm” - sem escala)

Tabela 02: Dados obtidos por meio de cálculo manual

	Tensão admissível do solo (kN/m ²)	Qtd. de tubulões (un)	Diâmetro da base (m)	Diâmetro do fuste (m)	Área da base (m ²)	Altura da base (m)	Volume de alargamento da base (m ³)	Volume total da base (m ³)
P29	667	3	2,15	0,8	3,55	1,2	1,96	2,56
P20	667	2	*	1,2	4,5	1,75	3,28	5,26
P22	667	2	*	1,2	4,5	1,75	3,28	5,26

* Tubulões executados em falsa elipse não possuem a dimensão diâmetro da base devido à sua geometria.

No projeto de tubulão, tanto o primeiro caso do pilar 29 quanto o segundo caso para os pilares do elevador, obteve-se que os métodos construtivos tiveram conformidade, pois, tanto no projeto quanto nos cálculos manuais, a quantidade de tubulões e sua geometria foram equivalentes, e isso se justifica pela grande quantidade de carga a ser exercida, sendo necessários grandes tubulões, porém como o espaço a ser construído era restrito suas dimensões sofreram limitações.

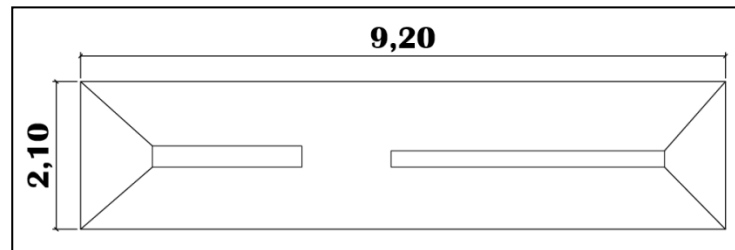
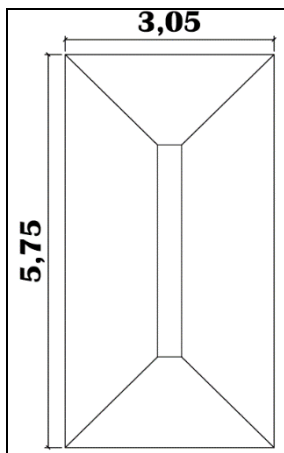
Os valores de volume, altura e diâmetro da base houve divergências, isso pode ser justificado pelo fato de que na prática, o dimensionamento é feito por softwares como o TQS por exemplo obtendo assim resultados precisos para cada projeto de forma prática.

Fundação em sapata.

Tabela 03: Dados fornecidos em projeto

	Carga solicitante (kN)	Dimensões do pilar (cm x cm)	Dimensões da sapata (m x m)
P11	7114	30 x 213	9,20 x 2,10**
P12		25 x 390	
P07	5990	2	5,75 x 3,05

** Para os pilares P11 e P12 foi executada uma sapata associada.



Figuras 06 e 07: Representação dos pilares estudados em projeto (medidas em "m"- sem escala)

Tabela 04: Dados obtidos por meio de cálculo manual

	Tensão admissível do solo (kN/m ²)	Área da base (m ²)	Dimensões da sapata (m x m)
P11	380	32,05	10,30 x 3,15**
P12			
P07	380	28,08	6,30 x 3,55

** Para os pilares P11 e P12 foi executada uma sapata associada.

No projeto de sapatas, para todos os pilares estudados houve conformidade no método construtivo e isso é justificável pelo fato de que pela disposição dos pilares e pelas cargas a serem distribuídas houve a limitação das geometrias. Já as dimensão das sapatas e a área da base não foram condizentes, mesmo que próximos, justificando-se pela falta de informação na sondagem do solo, pois não foi informada a localização dos furos e então se utilizou a pior situação de sondagem para o cálculo de ambas as sapatas.

Conclusões

Conclui-se que os resultados obtidos, tanto para a fundação em sapata, quanto para a fundação em tubulão, foram satisfatórios, provando que as fundações executadas são adequadas, tanto para o tipo de solo, quanto para a carga exercida.

Mesmo havendo divergências nos resultados, tais são facilmente explicadas pelas diferentes escolhas no processo de cálculo, pois, nos projetos em questão utilizaram-se softwares e no presente trabalho foram utilizados cálculos manuais. Também é importante ressaltar que tais divergências não alteram o tipo de fundação a ser executada, nem tão pouco, sua eficácia.

É válido salientar, que seria possível executar diferentes disposições geométricas tanto da fundação em sapata quanto a de tubulão, no entanto, não foi viável devido à disposição do terreno, locação dos pilares e carga a ser aplicada na estrutura.

Já para o cálculo do recalque, é necessário que se faça o ensaio da prova de carga dos subsolos estudado, uma vez que, por se tratar de um ensaio “in situ”, fornecerá resultados mais próximos à realidade se comparado aos métodos e correlações empíricas.

Sugere-se para trabalhos futuros, a realização deste ensaio para a adequada análise do recalque.

Referências Bibliográficas

ALONSO, Urbano R. **Exercícios de fundações**. São Paulo: Edgard Bluncher, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo - sondagens de simples reconhecimento com SPT– Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro. 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro. 1983.

BUNGENSTAB, F. C. **Estimativas de recalques de sapatas apoiadas em solos arenosos – uma abordagem probabilística**. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

CINTRA, J. C. A; AOKI, N; ALBIERO, J. H. **Fundações diretas: projeto geotécnico**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

HACHICH, Waldemar (Coord.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p.

MEDEIROS, P. M; **Avaliação da previsão do comportamento geotécnico de fundações superficiais assentes em subsolos arenosos de baixa compacidade em fortaleza a partir de ensaios de placa**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2013.

NEVES, L. F. S; **Metodologia para a determinação da eficiência do ensaio spt através de prova de carga estática sobre o amostrador padrão**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2004.

RAMOS, Cléber *et al.*, Utilização de sapata na construção civil. **Cadernos de Graduação**. Aracaju, v. 2, n. 1, p. 21-26, março 2014.

VELLOSO, Dirceu A.; LOPES, Francisco R. **Fundações**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2004.

Avaliação da resistência à tração do concreto estrutural reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET) reciclado

Evaluation of the tensile strength of reinforced structural concrete with recycled polyethylene terephthalate (PET) fibers

Monique Anselmo dos Santos¹

Thamires Rafaela Santin²

Vanessa Paulina da Silva³

André Luís Gamino⁴

RESUMO

Devido à ampla utilização do concreto na construção civil, surgem novos estudos com intuito de melhorar as suas características e seu desempenho. Nesta perspectiva, o objetivo do trabalho foi avaliar a resistência à tração do concreto estrutural reforçado com fibras de Polietileno Tereftalato (PET). Para tanto, o seu comportamento foi analisado no estado fresco e endurecido, foram realizadas moldagens de corpos de provas, com adição de fibras em três teores e comparadas ao traço de referência sem fibras. Os concretos foram analisados nas idades de 7 e 28 dias e executados os ensaios de resistência seguindo as Normas Técnicas vigentes. Observou-se que a respeito dos ganhos de resistência à compressão e à tração os ensaios mostraram que os concretos com adição de fibras no teor de 1% foi o que obteve maior ganho em relação aos demais teores, e também foi o que mais se aproximou do concreto de referência em todos os ensaios. Concluiu-se que as adições de fibras de PET no concreto estrutural contribuíram para a redução da fissuração no concreto, sem perdas da sua resistência à tração.

Palavras-Chave: concreto reciclado, fibras PET, resistência à tração.

ABSTRACT

Due to the wide use of concrete in civil construction, new appear in order to improve its characteristics and its performance. In this perspective, the objective of the work was to evaluate the tensile strength of the reinforced structural concrete with Polyethylene Terephthalate (PET) fibers. For this, its behavior was analyzed in the fresh and hardened state, moldings of test bodies were done, with addition of fibers in three contents and compared to the reference trait without fibers. The concretes were analyzed at the ages of 7 and 28 days and the resistance tests were performed following the Technical Norms. We conclude that the addition of PET fibers to the structural concrete can contribute to the reduction of cracking in the concrete, without losing its resistance.

Key-words: PET fibers, recycled concrete, tensile strength.

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

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

³ Acadêmica de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Doutor em Engenharia Civil. Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

Introdução

O setor da construção civil é um dos maiores setores que movimentam a economia no país e tem papel fundamental em atender as necessidades globais ao longo tempo com o crescimento da população e da urbanização. Segundo dados elaborados pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), no Brasil, o setor da construção civil é o quarto colocado em questões de encadeamento com outros setores (CBIC, 2010).

Com o crescimento populacional outros setores são influenciados, um deles é a geração de resíduos frente às necessidades humanas, que houve mudanças significativas no consumo das pessoas em relação à geração de lixo, bem diferentes dos gerados em outros períodos. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) apresenta instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

De acordo com o cenário apresentado, outro setor que está atrelado a esse crescimento é a sustentabilidade que funciona como uma ferramenta que auxilia na preservação do meio ambiente sem comprometer as gerações futuras. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) entre as formas sustentáveis está o processo de reciclagem que constitui um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo. Os plásticos são grandes alvos para esse processo, pois sua utilização tem sido crescente tal qual a humanidade praticamente não poderia imaginar-se sem ele (MMA, 2018).

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), por ser uma atividade de transformação, a construção civil é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais, desde a produção dos materiais utilizados, até a execução da obra e a sua utilização. Portanto, a implementação de conceitos e práticas de sustentabilidade aplicadas a este setor é de extrema importância (CBCS, 2018).

Dentre os materiais da construção civil o concreto vem sendo cada vez mais aprimorado; diante dessa grande utilização muitas novas necessidades surgem

com intuitos de melhorar suas características e desempenho em suas funções. O concreto tem propriedades que tornam sua utilização importante e necessária na construção civil, pois agrega nos parâmetros de boa resistência à compressão, execução, durabilidade diante das intempéries, menor necessidade de manutenção, resistência e baixo custo, entretanto, nos parâmetros de resistência à tração, seu comportamento é menos eficaz, tornando-o susceptível a fissuração e comprometendo sua durabilidade (PELISSER, 2002).

Visando suprir esse comportamento alguns tipos de fibras são utilizadas como elemento de reforço do concreto, levando à redução da retração plástica, ao aumento da tenacidade, da ductilidade, da resistência ao impacto e a um possível aumento da resistência à tração. Dessa forma, quando se adiciona fibras de resistência e módulo de elasticidade adequada e num teor apropriado, o concreto deixa de ter o caráter frágil, e a fibra serve como ponte de transferência de tensões pelas fissuras (FIGUEIREDO, 2011) conforme a Figura 1.

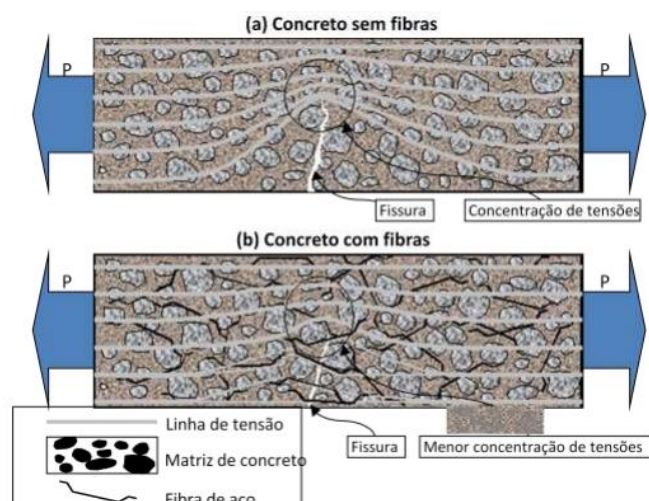


Figura 1 - Esquema de concentração de tensões para o concreto sem reforço de fibras (a) e com reforço de fibras (b). Fonte: Figueiredo (2011)

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens de Polietileno Tereftalato (PET), entre os plásticos existentes, o PET é, atualmente, muito popular e com uma das maiores taxas de crescimento em aplicação como materiais de embalagens (ABIPET, 2018). Assim, dentre as fibras utilizadas como reforço no concreto estrutural, o PET tem se destacado cada vez mais entre a literatura (CORÓ, 2002; PELISSER, 2002; MARAGON, 2004). Um estudo com adições de fibras de PET nas proporções de 0,05%, 0,18% e 0,30% sobre o volume

de concreto contribuiu para um aumento na resistência à tração, aumento na tenacidade e na resistência ao impacto e um aumento da resistência à fissuração. No estado fresco as fibras de PET apresentaram uma redução na trabalhabilidade. Entretanto, a degradação e deterioração das fibras com base polimérica na matriz cimentícia são os principais fatores que podem contribuir para uma redução no desempenho de concretos reforçados com fibras (PELISSER, 2002).

Resultados semelhantes foram observados por Maragon (2004), neste estudo foi avaliado o comportamento do concreto, com adição de fibras de garrafa PET, estudando as propriedades adquiridas pelo concreto produzido com diferentes teores de adição de fibras em diferentes traços de concreto. A partir dos ensaios realizados obtiveram-se valores de tenacidade e ductilidade, notando um ganho de energia do material com fibra, sendo um material dúctil e não havendo até então processo de degradação das fibras. De todos os parâmetros analisados o que mostra a melhor fluidez, maior resistência à compressão, maior resistência de tração à flexão e o maior ganho de energia é o teor de fibra com 250 g/m^3 (MARAGON, 2004).

Entretanto, resultados divergentes foram observados por Coró (2002) onde a adição de fibras de PET foi nos comprimentos de 15, 30 e 60 mm e nas proporções de 1000, 3000, 5000 e 7000 g/m^3 com o objetivo de estabelecer uma relação de equilíbrio entre a matriz cimentícia e as propriedades mecânicas das fibras de PET. Os resultados obtidos apresentam que as fibras de PET não contribuem para um aumento das resistências à compressão e à tração. O ensaio com 7000 g/m^3 de adição e fibras com 15 mm apresentaram os melhores resultados. Apesar dos resultados encontrados não contribuírem para o aumento nas resistências seu uso se torna viável para concretos sem função estrutural (CORÓ, 2002). A divergência nos resultados mencionados acima pode ser explicada por diferenças no delineamento de cada estudo.

Nesta perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência à tração do concreto estrutural reforçado com fibras de Polietileno Tereftalato (PET), visando contribuir para uma melhor compreensão do comportamento mecânico de matrizes de concreto de cimento Portland reforçadas com fibras PET em diferentes teores.

Materiais e métodos

Esta pesquisa foi realizada em caráter quantitativo, baseada em experimentos laboratoriais. Os ensaios realizados foram: medida da trabalhabilidade pelo slump test, resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão. Abaixo são apresentadas as características fundamentais dos materiais e os métodos que foram utilizados na avaliação.

Matriz

As matrizes utilizadas nesta avaliação consistem de concreto, a fim de quantificar os materiais envolvidos na produção do concreto, foi criado o traço através do método INT (Instituto Nacional de Tecnologia).

O traço criado foi para a classe de resistência C25, em condições de preparo "A", com resistência média do concreto à compressão f_{cm} , expressa em megapascals, definidas conforme a Norma Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento (NBR 12655, 2015), cimento CP V-ARI cimento portland de alta resistência inicial da marca BRENNAND Cimentos, desvio padrão de 4,0 MPa e *slump test* de 10 cm, usual em concreto bombeável, a fim de obter sua trabalhabilidade ideal. O agregado miúdo utilizado foi areia grossa e o agregado graúdo foi a brita 0 (pedrisco), estes agregados foram secos em estufas durante 24 horas, em seguida, ensacadas e reservadas em local seco. Ambos vieram de jazidas da cidade de Araçatuba/SP.

A proporção em massa obtida no traço está disposta na tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de material para a produção das matrizes

Traço	Materiais					
	Cimento. (kg/m ³)	Areia (kg/m ³)	Brita 0 (kg/m ³)	Água (kg/m ³)	f_{ck} (MPa)	Água/Cimento
1,0: 1,22: 2,18: 0,48	480,65	586,40	1047,83	230,71	25	0,48

Fonte: Arquivo pessoal

A partir deste traço foi realizada a matriz referencial e a matriz acrescida das fibras nos teores de 1% 3% e 5% em cima do volume do concreto produzido,

os materiais também foram ajustados às proporções para o volume de betonada realizada.

Foram seguidos os seguintes procedimentos técnicos: *slump test*, moldagem, cura e rompimentos de compressão axial, tração por compressão diametral e tração na flexão.

Fibras PET

Buscou-se para as fibras PET um ponto de equilíbrio entre as porcentagens das matrizes. Utilizaram-se então teores de 1%, 3% e 5% em cima do volume do concreto produzido. A fibra utilizada nesta pesquisa é comercializada por um pequeno custo, em *flakes* que estão na sua forma triturada, contendo tamanhos e formas irregulares. Para as matrizes usou-se o *flake* de PET incolor ilustrado na Figura 2.



Figura 2 - *Flake* de PET incolor. Fonte: Arquivo pessoal

Preparações das matrizes

A execução do concreto foi realizada com auxílio de uma betoneira (Menegotti, 120 litros) em queda livre, própria para dosagens, todos os materiais foram pesados para os volumes de 40 e 50 litros devido à capacidade da betoneira que estava à disposição para a mistura e conforme a quantidade de corpos de prova a serem moldados. A mistura foi desenvolvida de acordo com as técnicas usuais em betoneira, conforme Figura 3.



Figura 3 - Betoneira para mistura dos materiais. Fonte: Arquivo pessoal

Para toda execução realizada foi obedecida uma sequência de adição e mistura dos materiais, sendo as seguintes: primeiramente foi misturada toda a brita para ser retirada a poeira, em seguida foi acrescentada aproximadamente metade da água e misturado durante 2 minutos, após o término do período cronometrado foi adicionada a areia e misturada por mais 2 minutos, logo em seguida do tempo cronometrado ser finalizado foi acrescentado o cimento e o restante da água e misturados por mais 3 minutos, por fim foram adicionadas as fibras e misturado por mais 3 minutos para a formação do compósito.

Foram moldados corpos de prova cilíndricos de 10X20 cm e corpos de prova prismáticos de dimensões 15X15X50 cm.

Métodos de ensaios

Após a finalização da mistura, foram analisadas as propriedades do concreto (trabalhabilidade, resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão) a partir dos seguintes ensaios:

- Para análise das propriedades do concreto no estado fresco foi realizado o ensaio de *slump test* conforme NM 67 (1998) (Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone), e moldados os corpos de prova cilíndricos e prismáticos conforme a NBR 5738 (2016) (Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova), tendo seus respectivos tamanhos 10x20 cm para os corpos cilíndricos e 15x15x50 cm para os corpos de prova prismáticos, mantidos em local adequado em 24 horas para cilíndricos e 72 horas para prismáticos, após o endurecimento foram desmoldados e colocados em cura
- Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.6, n.2, 2018.

submersa onde permaneceram até as idades de 7 e 28 dias que foram definidas para os ensaios de rompimento.

- Para análise das propriedades do concreto endurecido foram realizados os rompimentos conforme a NBR 5739 (2018) (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos), NBR 7222 (2011) (Concreto e argamassa – Determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos), NBR 12142 (2010) (Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos) e NBR 6118 (2014) (Projeto de estruturas de concreto — Procedimento).

Trabalhabilidade

Uma das principais características do concreto que determina a sua fluidez para ser manuseado é a sua consistência, que pode ser definida como a maior ou menor capacidade do concreto de se deformar sob a ação do sua própria massa. A trabalhabilidade do concreto é influenciada por fatores intrínsecos ao concreto, como a sua relação água/materiais secos, tipo e consumo de cimento, teor de argamassa, tamanho, textura e forma dos agregados. Além dos fatores intrínsecos, existem os fatores externos de influência, como as condições de transporte, lançamento, características da fôrma, esbelteza dos elementos estruturais, densidade e distribuição das armaduras, dentre outros fatores.

Para quantificar a trabalhabilidade foi utilizado o ensaio de consistência pelo abatimento de tronco de cone, mais conhecido como *slump test*, a norma que descreve o ensaio é a NM 67 (1998) (Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone). A medida da trabalhabilidade é feita pelo abatimento causado na massa de concreto pelo seu próprio peso, o ensaio de abatimento mede a consistência, sendo normalmente empregada para garantir a constância da relação água/cimento. Foram realizadas as moldagens dos traços de referência com a medida do *slump test* 10 ± 2 cm conforme Figura 4.



Figura 4 - Ensaio de consistência pelo abatimento de tronco de cone. Fonte: Arquivo pessoal

Prensa hidráulica

Foi utilizada a prensa hidráulica EMIC do modelo PCE 100 C é utilizada para realizar ensaios em corpos de prova cilíndricos de 15x30 cm, 10x20 cm e prismáticas 15x15x50 cm. A capacidade nominal do equipamento é 1000 kN, o acionamento é hidráulico através de bomba elétrica. As partes da prensa hidráulica estão ilustradas conforme Figura 5.

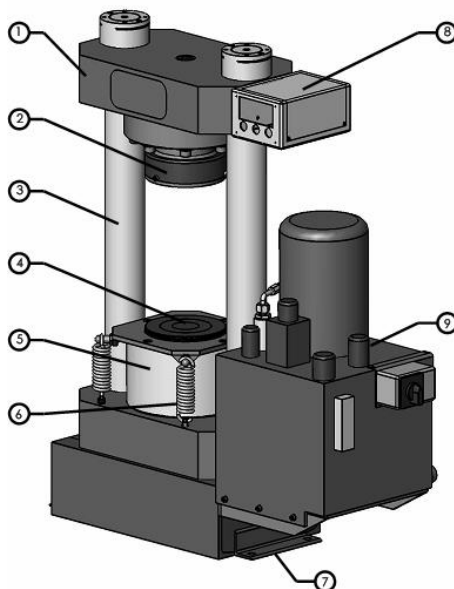


Figura 5 - Partes componentes da PCE100C. Fonte: Manual PCE 100 C (2010)

Texto introdutório:

1. Travessa superior;
2. Prato oscilante superior;
3. Estrutura;

4. Prato inferior;
5. Camisa do pistão;
6. Molas de retorno da camisa do pistão;
7. Base do equipamento;
8. Indicador digital;
9. Bomba hidráulica;

No controle de carregamento foram feitos rompimentos com 2 testes preliminares, sendo que o técnico de laboratório aplicou uma força aleatória e foi cronometrado o tempo que o corpo de prova levou para romper, em seguida foi obtido o tempo de ensaio e a resistência do corpo de prova para fins de controle de velocidade de carregamento. Para saber se o carregamento está conforme as normas (NBR 5739, 2018), (NBR 7222, 2011), (NBR 12142, 2010), foi aplicada a fórmula de cada ensaio, resistência à compressão axial, resistência de tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão. Após obter os resultados, dividiu-se pelo tempo em que o corpo de prova levou para romper, desta forma obteve-se a vazão da máquina e a força de carregamento dos ensaios.

Resistência à compressão axial

De todos os parâmetros que influenciam na qualidade do concreto, tais como resistência mecânica, permeabilidade, durabilidade e deformações, o mais sensível às variações intrínsecas de produção, é o mais fácil de ser quantificado é a resistência à compressão medida através dos corpos de prova cilíndricos 10x20 cm moldados, curados e ensaiados conforme norma. A norma que descreve o ensaio é a NBR 5739 (2018) (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos). Método de ensaio: O ensaio de resistência à compressão foi executado em uma prensa hidráulica, o corpo de prova cilíndrico deve ser colocado centrado e seu eixo coincida com o da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro. O carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente a uma velocidade de carregamento entre 0,3 MPa/s a 0,6 MPa/s, através da válvula de controle de vazão que foi mantida a 5,5 (vazão obtida através de testes para atender a NBR 5739, 2018) fixada para todos os ensaios realizados até o rompimento do corpo de prova conforme Figura 6.



Figura 6 - Prensa hidráulica modelo EMIC (ensaio de compressão axial). Fonte: Arquivo pessoal

Para a realização dos cálculos da resistência à compressão axial utilizou-se a seguinte expressão:

$$f_c = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2}$$

Onde:

- f_c – resistência à compressão (MPa);
- F – força máxima alcançada (N);
- D – diâmetro do corpo de prova (mm).

Após a realização do ensaio foi identificado o tipo de ruptura, a ruptura observada foi a tipo C – colunar com formação de cones e elaborado um relatório conforme a norma (NBR 5739, 2018) para apresentação dos resultados dos ensaios, que podem ser visualizados no Apêndice B.

Para a avaliação estatística do desempenho dos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, o desvio padrão deve ser o primeiro fator a ser determinado, para a determinação de tal fator utilizou-se a seguinte equação:

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f_i - f_{cm})^2}$$

Depois de determinado desvio padrão de cada grupo de exemplares, determinou-se então o real valor a ser considerado como resistência de cálculo do concreto. Este valor foi obtido através da equação:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 \cdot S_d$$

Para avaliação estatística do ensaio utilizou-se as seguintes expressões sendo S_e desvio padrão dentro do ensaio e CV_e coeficiente de variação do ensaio respectivamente:

$$S_e = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{d_2 \cdot n}$$

Onde:

A_i - amplitude dos valores de resistência á compressão (MPa);

n - número de exemplares da amostra;

d_2 - constante dada pela norma, varia de acordo com o número de corpos de prova por exemplar amostrado.

A tabela abaixo apresenta valores de d_2 .

Tabela 2 - Coeficiente d_2

Quantidade de corpos de prova	Coeficiente d_2
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534

Fonte: Adaptado, NBR 5739 (2018)

Depois de calculada a estimativa do desvio padrão, foi calculada então o coeficiente de variação do ensaio conforme a equação:

$$CV_e = \frac{S_e}{f_{cm}} \times 100$$

A partir desse valor, classifica-se a qualidade da realização dos ensaios de acordo com a tabela 3.

Tabela 3- Avaliação do ensaio pelo coeficiente de variação dentro do ensaio

Coeficiente de variação (cv_e) %				
Nível 1 Excelente	Nível 2 Muito bom	Nível 3 Bom	Nível 4 Razoável	Nível 5 Deficiente
$cv_e \leq 3,0$	$3,0 < cv_e \leq 4,0$	$4,0 < cv_e \leq 5,0$	$5,0 < cv_e \leq 6,0$	$cv_e > 6,0$

Fonte: Adaptado, NBR 5739 (2018)

Resistência à tração

Embora o concreto não seja desenvolvido nem projetado especificamente para resistir à tração, a análise dessa propriedade se torna útil para a quantificação e estimativa de carga a qual ocorre a fissuração ou mesmo cálculo de estribos, resistência ao cisalhamento, entre outros. A eliminação da fissuração é muito importante para a conservação e a durabilidade das estruturas de concreto de cimento Portland, prevenindo assim as agressões às intempéries e protegendo as armaduras de corrosões. São três os tipos de ensaios que podem ser realizados para a quantificação da resistência à tração: tração direta, tração na flexão e tração por compressão diametral. Foram avaliadas somente as resistências à tração na flexão e tração por compressão diametral.

Ensaio de resistência à tração por compressão diametral: os ensaios de resistência à tração por compressão diametral utilizam corpos de prova cilíndricos 10x20 cm e foram realizados de acordo com a NBR 7222 (2011). Método de ensaio: O ensaio de resistência à tração por compressão diametral foi executado em uma prensa hidráulica, o corpo de prova cilíndrico é colocado com o eixo na horizontal entre os pratos da prensa, com auxílio de tiras de madeira para facilitar o posicionamento do corpo de prova na máquina de ensaio, de forma a distribuir uniformemente sobre todo o corpo de prova as cargas aplicadas com as dimensões definidas conforme Figura 7.

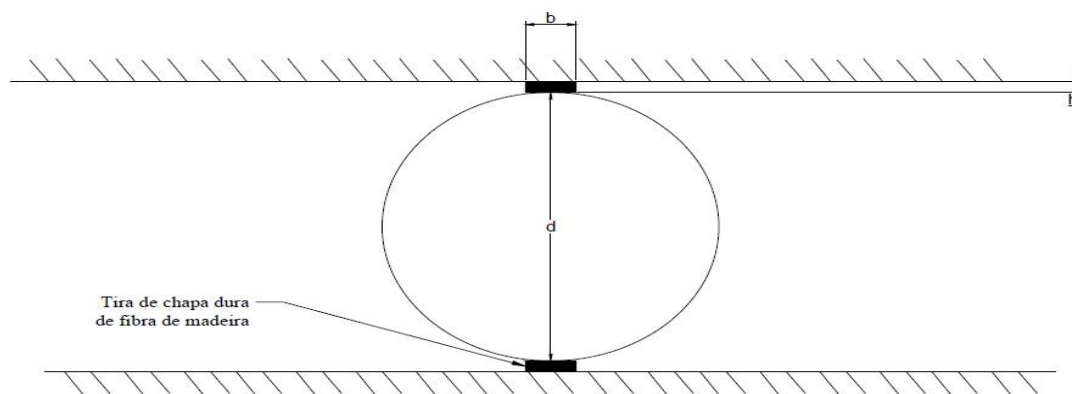


Figura 7 - Disposição do corpo de prova. Fonte: Adaptado, NBR 7222 (2011)

Onde:

- d – diâmetro do corpo de prova (mm);
- b – $(0,15 \pm 0,01) d$ em razão do corpo de prova (mm);
- h – $(3,5 \pm 0,5)$ (mm).

O carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente a uma velocidade de carregamento entre 0,3MPa/s a 0,7 MPa/s, através da válvula de controle de vazão que foi mantida a 5,5 (vazão obtida através de testes para atender a NBR 7222, 2011) fixada para todos os ensaios realizados até o rompimento do corpo de prova conforme Figura 8.



Figura 8 - Prensa hidráulica modelo EMIC (ensaio tração por compressão diametral). Fonte: Arquivo pessoal

Para a realização dos cálculos da resistência à tração por compressão diametral utilizou-se a seguinte expressão:

$$f_{ct,sp} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot l}$$

Onde:

$f_{ct,sp}$ – resistência à tração por compressão diametral (MPa);

F – força máxima obtida no ensaio (N);

d – diâmetro do corpo de prova (mm);

l – comprimento do corpo de prova (mm).

Para a realização do cálculo da resistência á tração média utilizou-se a seguinte expressão prevista pela NBR 6118 (2014):

$$f_{ct,m} = 0,9 \cdot f_{ct,sp}$$

Após a realização do ensaio foi elaborado um relatório conforme a norma (NBR 7222, 2011) para apresentação dos resultados dos ensaios, que podem ser visualizados no Apêndice C.

Ensaio de resistência à tração na flexão: os ensaios de resistência à tração na flexão utilizam corpos de prova prismáticos 15x15x50 cm e foram realizados de acordo com a NBR 12142 (2010). Método de ensaio: O ensaio de resistência à tração na flexão foi executado em uma prensa hidráulica, o corpo de prova prismático contendo em sua face de rasamento e na face oposta (face correspondente ao fundo da forma), linhas traçadas de modo a facilitar a centralização do corpo de prova no dispositivo de carregamento, colocado com seu lado maior paralelo ao seu eixo longitudinal sobre os apoios centrado entre eles. O carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente a uma velocidade de carregamento entre 0,9 MPa/min. a 1,2 MPa/min., através da válvula de controle de vazão que foi mantida a 5,09 (vazão obtida através de testes para atender a NBR 12142, 2010) fixada para todos os ensaios realizados; neste ensaio um prisma de concreto é submetido à flexão, como uma viga, com carregamento em dois pontos simétricos até a ruptura conforme ilustrado na Figura 9.



Figura 9 - Prensa hidráulica modelo EMIC (ensaio tração na flexão). Fonte: Arquivo pessoal

A fórmula utilizada para o cálculo da tração na flexão para ruptura dentro do terço médio é:

$$f_{ct,f} = \frac{F \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Onde:

$f_{ct,f}$ – resistência à tração na flexão (MPa);

F – força máxima registrada na máquina de ensaio (N);

l – dimensão do vão entre apoios (mm);

d – altura média do corpo de prova (mm);
 b – largura média do corpo de prova (mm).

Caso a ruptura ocorra fora do terço médio à fórmula a ser utilizada para o cálculo da tração na flexão é:

$$f_{ct,f} = \frac{3 \cdot F \cdot a}{b \cdot d^2}$$

Onde:

$f_{ct,f}$ – resistência à tração na flexão (MPa);
 F – força máxima registrada na máquina de ensaio (N);
 l - dimensão do vão entre apoios (mm);
 d – altura média do corpo de prova (mm);
 b – largura média do corpo de prova (mm);
 a – distância média entre a linha de ruptura na face tracionada e a linha correspondente ao apoio mais próximo (mm).

Para a realização do cálculo da resistência á tração média utilizou-se a seguinte expressão prevista pela NBR 6118 (2014):

$$f_{ct,m} = 0,7 \cdot f_{ct,f}$$

Após a realização do ensaio foi elaborado um relatório conforme a norma (NBR 12142, 2010) para apresentação dos resultados dos ensaios, que podem ser visualizados no Apêndice D.

Resultados e discussões

Os valores obtidos dos ensaios de *slump test*, compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão foram analisados de forma quantitativa, as variáveis; teor de fibra (1%, 3% e 5%) e tempo de cura (7 e 28 dias) foram comparadas entre si, e com o concreto de referência sem fibras. Os resultados foram apresentados em forma de gráficos e tabelas, apontando as tendências acerca da influência de fibras de Polietileno Tereftalato (PET) na resistência à tração do concreto estrutural.

Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é uma das principais características do concreto que determina a sua fluidez para ser manuseado e a sua consistência, ou seja, a maior ou menor capacidade do concreto de se deformar sob a ação do sua própria massa.

A figura 10 apresenta os valores obtidos do ensaio de *slump test* (NM 67, 1998), o traço de referência para medida do *slump test* foi de 10 ± 2 cm.

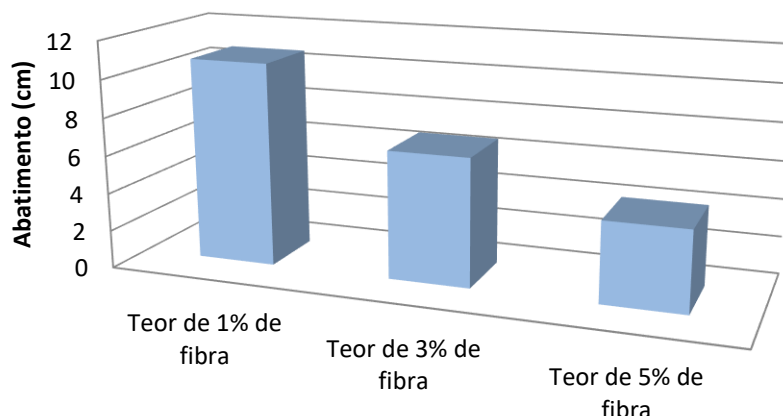


Figura 10 - Trabalhabilidade. Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que a trabalhabilidade diminuiu gradualmente com o aumento do teor de fibras incorporadas à matriz cimentícia. Assim, o teor de fibra considerado ótimo para a trabalhabilidade foi de 1% conforme Figura 11.



Figura 11 - Trabalhabilidade de 1% de fibra. Fonte: Arquivo pessoal

Resultado semelhante foi observado por Maragon (2004), cujo teor de fibra considerado ótimo foi de 250 g/m^3 . Isso pode ser explicado pelo fato de quanto mais fibras é adicionado ao concreto estrutural, menos maleável ele se torna, pois um fator que está associado é a área superficial, ou seja, quando adicionado fibras no concreto está se adicionando também uma grande área superficial que demanda água de amassamento. Assim quanto maior a área superficial demandará

maior quantidade de água de amassamento, produzindo um aumento de coesão e perda da mobilidade do compósito no estado fresco (FIGUEIREDO, 2011).

O presente estudo, apresentou um resultado não esperado no teor de 5% pois não atingiu um valor satisfatório de abatimento; dessa forma, não é aconselhável a utilização deste teor de fibra conforme Figura 12.



Figura 12 - Trabalhabilidade de 5% de fibra. Fonte: Arquivo pessoal

Tempo de cura

Em relação ao tempo de cura, observa-se que o tempo de 28 dias obteve um aumento gradual em todos os ensaios (compressão axial, tração por compressão diametral e tração na flexão) independentemente dos teores de fibras, inclusive no referencial, quando comparado ao tempo de 7 dias.

Apesar do cimento (CPV-ARI) ser de alta resistência inicial, idades diferentes dos 28 dias só servem para verificar a evolução das resistências, portanto, a idade ideal para o controle da qualidade de obra, segundo a norma vigente é de 28 dias. Monteiro (1996) salienta ainda que, o aumento do período de cura melhora o desempenho de todos os tipos de cimento.

Teor de fibra

Os teores de fibra (1%, 3% e 5%) foram comparados entre si, e com o concreto de referência sem fibras, verifica-se que o teor de 1% foi o que mais se aproximou do concreto de referência em todos os ensaios, inclusive com aumento no ganho da resistência à compressão axial e à tração na flexão, no entanto, são

necessárias análises estatísticas a fim de verificar se esse aumento foi significativo. Abaixo foram detalhados os resultados para cada ensaio.

Resultados do ensaio de resistência à compressão axial (MPa)

A figura 13 apresenta os valores obtidos do ensaio de compressão axial dos corpos de prova nas idades de 7 (f_{c7}) e 28 (f_{c28}) dias, bem como suas resistências características (f_{ck}) retiradas a partir dos exemplares, pode-se observar que ocorreu uma perda percentual característica da resistência de 2,72% do concreto de referência entre as idades mencionadas.

Em 28 dias, realizou-se o comparativo sobre o comportamento mecânico do concreto de referência sem fibras com os demais teores com fibras e os resultados percentuais obtidos foram: o concreto de referência com o teor de 1% de fibra houve uma diminuição da resistência à compressão axial de 5,03%. O concreto de referência com o teor de 3% de fibra houve diminuição da resistência à compressão axial de 44,09% e sendo também que o teor de 5% de fibra com o concreto de referência obteve uma perda de resistência de 61,63%.

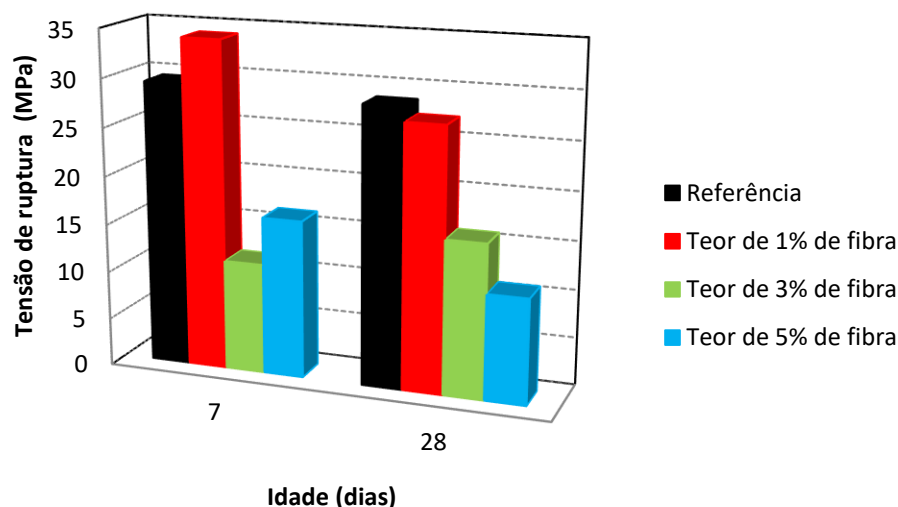


Figura 13 - Resistência característica à compressão obtida para os concretos estudados. Fonte: Arquivo pessoal

Em relação ao ganho de resistência característica à compressão obtida para os concretos estudados, observa-se que o teor considerado ótimo foi o de 1%, pois mesmo que comparado ao referência obteve diminuição da resistência, foi o teor que teve o menor percentual de perda. Assim, como as literaturas afirmam que na maioria das vezes a resistência à compressão não é muito alterada com adição de

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.6, n.2, 2018.

fibras, podendo haver casos em que há uma perda do valor da resistência, como ocorreu nos teores de 1%, 3% e 5% que apresentaram um decréscimo na resistência à compressão axial. Resultados semelhantes foram observados por Pelisser (2002), o autor ressalta ainda que o concreto com a adição de fibras em diferentes teores rompe sem que haja separação completa da matriz de concreto, caracterizando uma tendência de ruptura de maneira mais dúctil conforme Figura 14.



Figura 14 - Corpo de prova cilíndrico com 1% de fibra após ruptura. Fonte: Arquivo pessoal

Resultados do ensaio de resistência à tração por compressão diametral (MPa)

A figura 15 apresenta os valores obtidos do ensaio de compressão diametral dos corpos de prova nas idades de 7 (f_{c7}) e 28 (f_{c28}) dias, bem como suas resistências médias ($f_{ct,m}$) retiradas a partir dos exemplares, pode-se observar que ocorreu um ganho percentual médio de resistência de 11,76% do concreto de referência entre as idades mencionadas.

Em 28 dias, realizou-se o comparativo sobre o comportamento mecânico do concreto de referência sem fibras com os demais teores com fibras e os resultados percentuais obtidos foram: o concreto de referência com o teor de 1% de fibra houve um ganho médio da resistência à tração por compressão diametral de 1,6%. O concreto de referência com o teor de 3% de fibra houve uma diminuição da resistência média à tração por compressão diametral de 10,63% e sendo também que o teor de 5% de fibra com o concreto de referência obteve uma perda de resistência média de 18,20%.

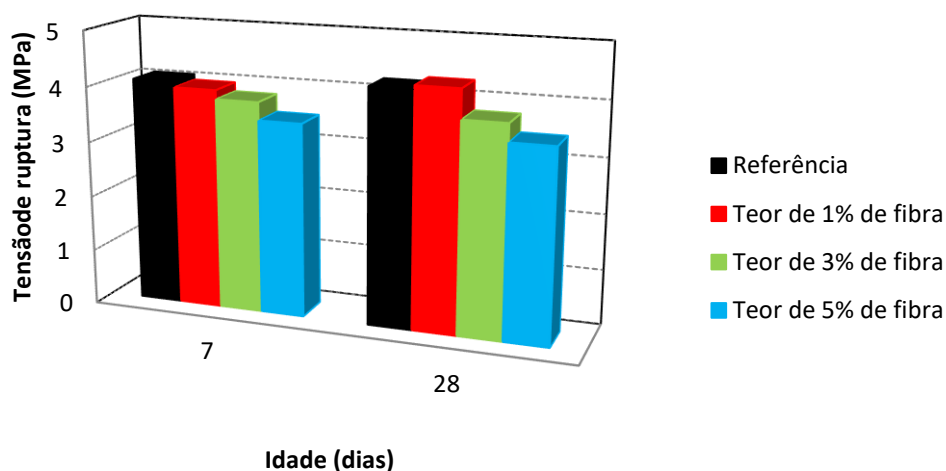


Figura 15 - Resistência média obtida via tração por compressão diametral. Fonte: Arquivo pessoal

Em relação ao ganho de resistência média à tração por compressão diametral, pode-se verificar que o teor considerado ótimo foi o de 1%. Conforme Figura 16, deve-se ressaltar que o uso das fibras de PET para o aumento da resistência do compósito é o menos frequente e elas não competem com a armadura principal de barras de aço, que tem finalidade estrutural.



Figura 16 – Situação de ruptura do corpo de prova cilíndrico com 1% de fibra. Fonte: Arquivo pessoal

Resultados do ensaio de resistência à tração na flexão (MPa)

O ensaio de resistência à tração na flexão pode ser considerado um dos ensaios mais complexos comparados os ensaios citados anteriormente, devido ao seu processo de execução e pela aparelhagem necessária, diante dessa dificuldade foi possível apenas efetuá-los com a quantidade de apenas um corpo de prova para cada amostra e para as idades, o que não prejudica a análise do presente trabalho, já que havia sido feitos testes iniciais antes dos ensaios a serem considerados para calibração da máquina.

A figura 17 apresenta os valores obtidos do ensaio de tração na flexão dos corpos de prova nas idades de 7 (f_{c7}) e 28 (f_{c28}) dias, bem como suas resistências médias ($f_{ct,m}$) retiradas a partir dos exemplares, pode-se observar que ocorreu um ganho percentual médio de resistência de 16,20% do concreto de referência entre as idades mencionadas.

Em 28 dias, realizou-se o comparativo sobre o comportamento mecânico do concreto de referência sem fibras com os demais teores com fibras e os resultados percentuais obtidos foram: o concreto de referência com o teor de 1% de fibra não houve ganho nem perda da resistência média à tração na flexão pois atingiu a mesma resistência média que o concreto de referência. O concreto de referência com o teor de 3% de fibra houve uma diminuição da resistência média à tração na

flexão de 15,26% e sendo também que o teor de 5% de fibra com o concreto de referência obteve uma perda de resistência média de 28,94%.

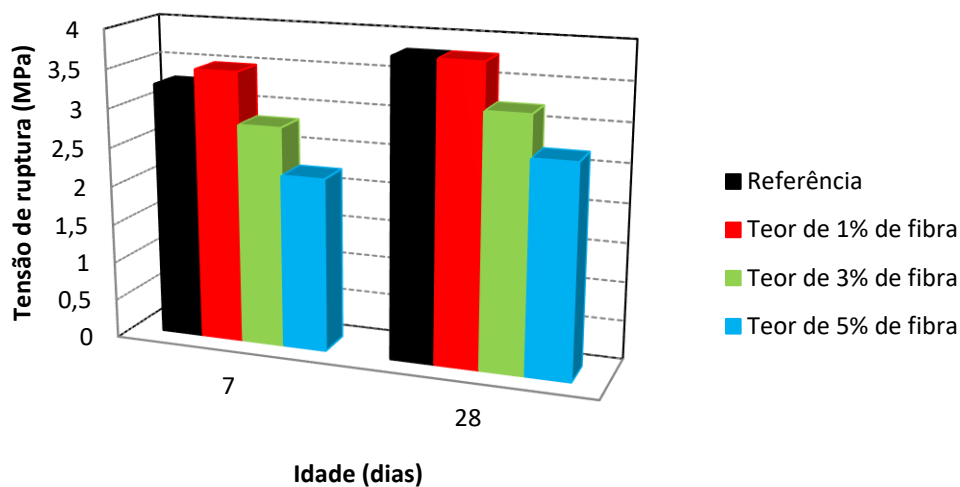


Figura 17 - Resistência média obtida via tração na flexão. Fonte: Arquivo pessoal

Assim, como nos outros ensaios verificamos que o de 1% pode ser considerado ótimo, pois obteve um ganho semelhante ao concreto de referência em relação aos demais teores que por sua vez obteve perdas da resistência, entretanto, quando observado ao de referência, observamos um ganho maior apenas nos corpos de provas com 7 dias de cura conforme Figura 18.



Figura 18 - Situação de ruptura do corpo de prova prismático com 1% de fibra. Fonte: Arquivo pessoal

É importante ressaltar que, embora não se consiga avaliar o aumento da resistência à tração do concreto com adição de fibras em geral, estudos têm demonstrado que as fibras diminuem a velocidade de propagação das fissuras, isto ocorre porque para uma fissura transpor uma fibra exige-se um trabalho adicional na deformação, como o arrancamento ou ruptura desta fibra. Por esta razão os compósitos fibrosos resistem melhor aos esforços de manuseio e uso (JOHN, 1997).

Conclusões

Sabe-se que a adição das fibras no concreto é uma alternativa interessante, sendo que algumas características da matriz são melhoradas. Contudo, a adição de fibras na matriz cimentícia deve ser ministrada com cuidado, pois teores altos podem prejudicar seu desempenho. Os três teores de fibras usados na pesquisa mostraram resultados interessantes às características do concreto em relação ao referencial, entretanto, os teores de fibras utilizados em cada um dos traços pode ter sido o ponto determinante para estes resultados. Os resultados obtidos nos ensaios de laboratório, apresentados, analisados e interpretados anteriormente, permitiram estabelecer as principais conclusões para esta pesquisa.

No que se refere à trabalhabilidade, conclui-se que houve uma perda da consistência do concreto com o aumento do volume de fibra. Verificou-se ainda que, o teor de fibra de 1% apresentou melhor fluidez, com valores semelhantes ao traço de referência.

Com relação aos ensaios mecânicos de resistência à compressão axial, à resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão, concluiu-se que os concretos com adição de fibras no teor de 1% foi o que obteve maior ganho percentual em relação aos demais teores, e também foram aqueles que mais se aproximou do concreto de referência em todos os ensaios e independente do tempo de cura.

Por fim, concluiu-se que mesmo em teores mínimos, a adição de fibras de PET no concreto estrutural pode contribuir na redução de fissuração no concreto e sem perdas da sua resistência à tração.

Destacando-se como o melhor teor para a utilização, sendo o teor de 3%, pois mesmo que não foi o que mais se aproximou do concreto de referência, é o

teor que atinge os valores ideais de resistências sem prejudica-las e sendo o que mais possibilita a destinação do material de PET contribuindo assim para o meio ambiente.

Já se destacando como o pior teor a ser utilizado sendo descartada a sua utilização, o teor de 5%, pois o mesmo já é prejudicial desde o estado fresco do concreto até o estado endurecido, não atingindo valores ideais, sendo então prejudicial sua utilização.

É importante ressaltar que estudos futuros que abordem o custo-benefício deste material devem ser realizados, com o objetivo de verificar se a adição destas fibras em uma matriz com menor consumo de cimento, ou com variações no comprimento e nos teores do material de enchimento poderão influenciar de forma significativa nos ganhos à resistência do concreto estrutural, sugerindo então à sua aplicabilidade no setor construtivo.

Referências Bibliográficas

ABIPET. Associação Brasileira da Indústria do PET 2018. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html>>. Acesso em: 01 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR NM67-2**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8p.

_____. **NBR 12142**: Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010. 9p.

_____. **NBR 7222-2**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 5p.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 256p.

_____. **NBR 12655 Errata 1**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015. 29p.

_____. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016. 12p.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018. 13p.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 15 abr. 2018.

CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentavel. **Missão, Visão, Origem.** 2018. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=BCCF20BC-8628-4D3D-83EDFBA37CFA560D>>. Acesso em: 24 abr. 2018

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Indicadores do PIB trimestral - setores e construção civil, 2010.** Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

CORÓ. Angela G.. **Investigação das propriedades mecânicas de concretos reforçados com fibras PET.** Monografia. Departamento de Tecnologia da UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí. 2002.

FIGUEIREDO, Antonio. D.. **Concreto reforçado com fibras.** Tese (Livre-Docência) – Universidade de São Paulo. São Paulo\SP. 2011.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; PRADO, T. A. **Durabilidade de compósitos de cimento e fibras vegetais.** Workshop: Durabilidade das Construções, 1997.

MARAGON, Ederli. **Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa PET.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí\RS. 2004.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Reciclagem.** 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/7656-reciclagem>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

MONTEIRO, E. C. B.; NEPOMUCENO, A. A. **Estudo da capacidade de proteção de alguns tipos de cimentos nacionais, em relação à corrosão de armaduras, sob a ação conjunta de CO₂ e íons cloretos.** 1996. Florianópolis. Artigo técnico. 1996. Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.6, n.2, 2018.

PELISSER, Fernando. **Avaliação do desempenho de concreto reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis\SC. 2002.

Sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica

Electricity consumption monitoring system

Higor Alexandre Miranda Rossino¹
Thiago de Oliveira Toth
Lucas Barros Garcia
Guliano Pierre Estévan²

RESUMO

Este trabalho apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico que permite efetuar a medição e acompanhamento do consumo de energia elétrica de um determinado período em utilização residencial.

A operação do sistema se baseia na leitura e análise de sensores de corrente e tensão ligado a rede elétrica o qual se deseja efetuar o monitoramento.

O resultado e conclusão deste trabalho foram embasados em testes efetuados com o protótipo e comparação das medições através de ensaios em ambiente controlado.

Palavras-chaves: Energia Elétrica, Eletricidade, Consumo, Medidor, Demanda, Medição, Monitoramento.

ABSTRACTS

This work presents the methodology used for the development of an electronic device that allows the measurement and monitoring of the consumption of electric energy of a certain period in residential use.

The operation of the system is based on the reading and analysis of current and voltage sensors connected to the electric grid, which is to be monitored.

The result and conclusion of this work were based on tests carried out with the prototype and comparison of the measurements through controlled environment tests..

Keywords: Electricity, Electricity, Consumption, Meter, Demand, Measurement, Monitoring.

¹ Acadêmicos de Engenharia Elétrica – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba.

² Docente, Doutor, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.6, n.2, 2018.

1 INTRODUÇÃO

O homem vem usando sua inteligência ao longo de sua história para desenvolver mecanismos e processos que aumentem seu conforto, qualidade de vida e reduzam seu esforço na realização de tarefas.

Isso só foi possível através da evolução do uso de fontes de energia.

A primeira energia dominada pelo homem foi a energia térmica, que começou a ser utilizada com a descoberta do fogo. Nas épocas pré-históricas o domínio do fogo proporcionou ao homem aumentar sua segurança, melhorar sua alimentação e começar a criar dispositivos que facilitassem seu dia a dia.

Com o domínio da energia térmica e a invenção de dispositivos o homem descobriu as energias hidráulica e eólica, que foram utilizadas para realizar trabalho em moinhos e conduzir embarcações para exploração. Muito tempo depois o homem inventou uma máquina que marcou a história do uso de energia, a máquina a vapor.

Símbolo da Revolução Industrial a máquina a vapor foi muito utilizada pelo homem, possibilitando a construção de grandes fabricas e aplicações em meios de transportes como as locomotivas e navios a vapor. Nesta época houve uma grande utilização e evolução dos combustíveis fósseis como o carvão mineral e o petróleo, que passaram a ser a fonte de energia mais importante no mundo, inclusive nos dias atuais. Mas outro tipo de energia foi o que mais impactou a vida do ser humano, a energia elétrica.

A energia elétrica, que teve sua utilização expandida também na época da Revolução Industrial proporcionou um grande salto no desenvolvimento da humanidade e tem um grande destaque na vida do homem moderno, pois é uma energia essencial nos dias atuais. Ela está presente em grande parte do nosso dia a dia, abastecendo desde itens básicos como iluminação e equipamentos para conservação de alimentos, até comércios e centros industriais, tendo uma ligação direta em relação à qualidade de vida.

Pode-se dizer que o homem moderno é quase ou totalmente dependente da energia elétrica para manter o meio de vida como é hoje, porém para gerar toda energia elétrica precisamos de instalações denominadas Usinas, que podem utilizar energia cinética de quedas d'água para gerar energia elétrica, no caso as

Hidrelétricas, ou até mesmo queimar certos combustíveis para gerar energia através de vapor, como as Termoelétricas.

Cada tipo de Usina possui um custo para geração de energia elétrica, além disso, também há custos de manutenção e transmissão dessa energia desde a Usina geradora até o consumidor final. Portanto as empresas que possuem concessão sob as Usinas de geração de energia elétrica repassam essa energia para os consumidores através de um preço, que no caso do Brasil, é homologado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

A quantidade de energia elétrica consumida mensalmente é medida e faturada para o consumidor, sendo calculada através da tarifa aprovada pela ANEEL. Como esse valor é variável, torna-se interessante, nos dias atuais, o consumidor possuir um medidor de Consumo residencial, onde de forma simples e sucinta, ele possa identificar o potencial de consumo instantâneo além do valor acumulativo da potência consumida durante um período de tempo e o potencial consumido mensalmente, para que dessa forma seja possível efetuar o acompanhamento do consumo para que o mesmo seja feito de forma mais consciente e econômica.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema eletrônico para monitoramento de consumo de energia elétrica residencial, de modo que o consumidor possa ter uma forma de analisar essa quantia relacionado a um determinado período e tomar certas decisões em relação financeira e ter conscientização quanto ao desperdício.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto busca demonstrar e fundamentar teoricamente que é possível realizar a medição do consumo de energia através de um medidor eletrônico de baixo custo.

O Desenvolvimento do projeto iniciou-se com a pesquisa dos métodos de medição de energia elétrica e a escolha do modelo de medidor eletrônico, dando início ao desenvolvimento do hardware necessário para efetuar as medições.

4 DESENVOLVIMENTO DE HARDWARE

O Hardware teve seu desenvolvimento idealizado e dimensionado de forma que possa ser utilizado para medições em redes monofásicas, sendo alimentado por fonte própria e que possa efetuar medição de corrente de forma não invasiva, além de utilizar um microcontrolador conhecido de mercado. A partir das definições citadas foi efetuado um levantamento técnico de forma a escolher os melhores componentes para o desenvolvimento do protótipo.

Pode-se apresentar como os principais componentes de hardware o Microcontrolador ATMEGA328, o Display LCD 16x4, o Transformador de Tensão 127VCA para 12VCA o Transformador de Corrente 100 A e o módulo RTC.

O ATMEGA328 foi o Microcontrolador selecionado para o projeto e consiste em um microcontrolador de 8 bits, com arquitetura Harvard modificada da família AVR do fabricante ATMEL.

Sua função é efetuar a aquisição de dados de tensão e corrente, processá-los de forma a dar saída nas medições de forma mais conveniente, como por exemplo, via Display ou Ethernet, tais funções são definidas para o microcontrolador através de seu Firmware (software embarcado que é gravado no Microcontrolador para executar funções, processamento e tomar ações).

O ATMEGA328 é largamente conhecido por sua utilização na plataforma de desenvolvimento e educação hobista Arduino. Sua utilização nessa plataforma abriu uma gama de desenvolvimento muito grande em relação a vários componentes e periféricos encontrados em mercado.

5.1 DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO

O Circuito foi desenvolvido utilizando o software Proteus, que é útil tanto para o desenho esquemático do circuito, como para a simulação eletrônica do mesmo.

A primeira etapa do desenvolvimento de hardware foi a fonte de alimentação do Microcontrolador.

Seguindo as especificações do Datasheet do ATMEGA328, dimensionado uma fonte de 5V, utilizando o regulador de tensão 7805 e capacitores, essa fonte recebe uma tensão alternada de 12V do Transformador de tensão, que então é retificada com diodos e estabilizada com o regulador 7805.

A escolha desse tipo de fonte se deu pela ocasião o qual o medidor necessita de um transformador para a medição da tensão da rede. Uma vez que ele rebaixa a tensão para 12V, pode então utilizar do mesmo para alimentar o circuito do medidor.

A Figura 1 apresenta destacado na área vermelha a fonte supracitada.

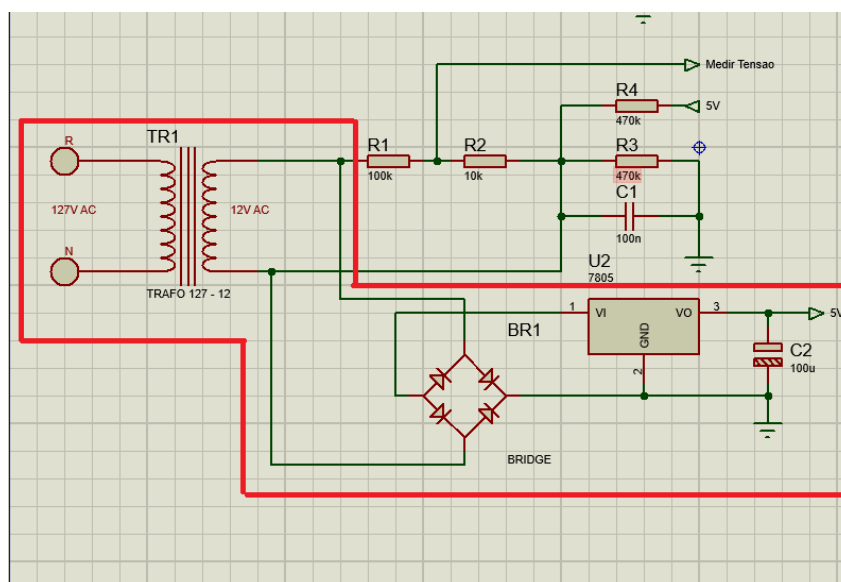


Figura 1 – Fonte do Circuito. Fonte: Autoria Própria (2017)

Com a fonte dimensionada, foi feito a ligação do Microcontrolador ao Cristal e seus capacitores, essa configuração foi executada seguindo as recomendações contidas no Datasheet do próprio Microcontrolador.

A Figura 2 apresenta o microcontrolador e seu cristal.

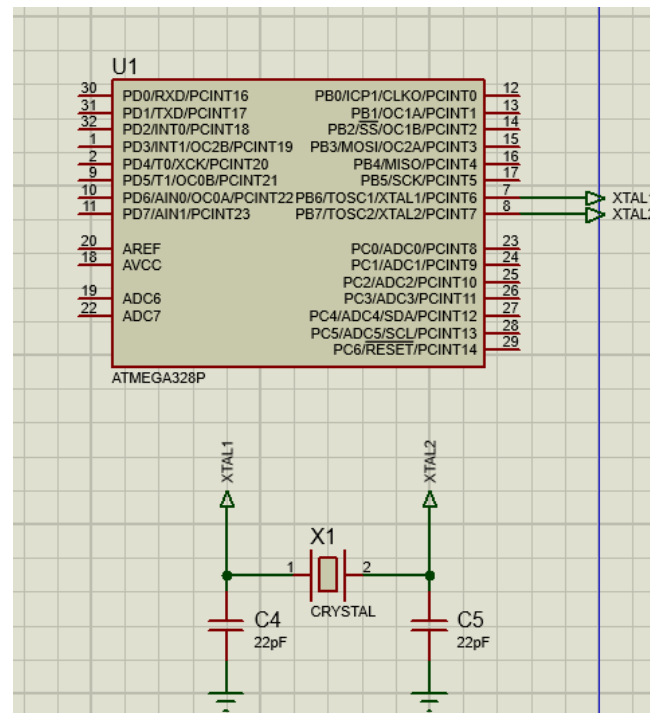


Figura 2 – MCU e Cristal. Fonte: Autoria Própria (2017)

Em seguida foram ligados todos periféricos utilizados no Medidor, como display, RTC e etc.

Com todos dispositivos conectados ao Microcontrolador foi feito o dimensionamento das interfaces para medição de tensão e Corrente.

O ADC do microcontrolador ATMEGA328 pode ler somente sinais que variam entre zero e valores positivos.

Como a tensão da rede varia de forma senoidal tanto em valores positivos quanto negativos, a saída do transformador de tensão também terá sinais tanto negativos quanto positivos. Devido essa característica foi necessário dimensionar uma interface capaz de elevar o offset zero para uma tensão média positiva, de forma que, quando a senóide estiver abaixo de zero o sinal ainda chegue positivo no ADC do microcontrolador.

O Transformador de 12V apresenta em sua saída uma variação de tensão de pico de 16.97V tanto positivo quanto negativo, o que corresponde a uma tensão de 33,94V pico a pico. Como o microcontrolador é incapaz de ler esse nível de tensão, foi dimensionado então um divisor de tensão para reduzir essa faixa de variação para valores menores que 5V, de forma que o Microcontrolador possa ler com seu ADC e elevar o ponto zero para um offset médio entre 0 e 5V, de forma que a

variação da senóide no lado negativo ainda entregue tensão positiva ao ADC do microcontrolador.

Com um divisor de Tensão utilizando resistores de 100k e 10k, foi possível obter uma variação de saída de 3,08V pico a pico, tal valor já está na faixa de medição do ADC interno do ATMEGA, porém essa variação acontece com 1,54V positivo e 1,54V negativo.

Como o ADC não lê valores negativos foi feito uma segunda interface, onde, um divisor de tensão acoplado a um capacitor de 10uF insere uma tensão de 2.5V no sinal, de tal forma quando a saída do transformador apresentar tensão igual a Zero Volts, o ADC estará lendo uma tensão de 2.5V.

Essa interface possibilita então a leitura do sinal analógico proporcional a tensão da rede elétrica pelo microcontrolador, uma vez que com esse dimensionamento a variação do transformador foi convertida em um sinal que varia de 0.96V a 4.04V.

A Figura 3 apresenta o dimensionamento da interface do sensor de tensão.

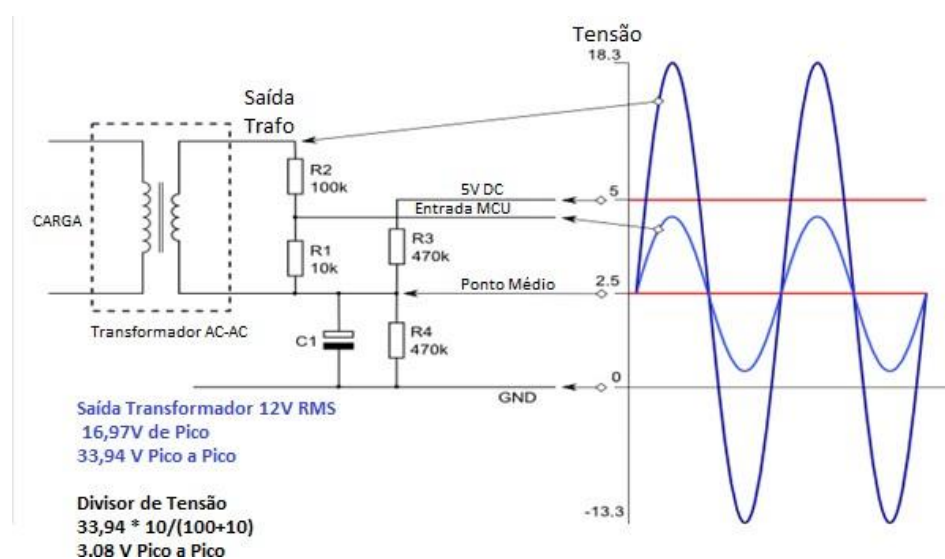


Figura 3 – Interface para Sinal de Tensão. Fonte: Autoria Própria (2017)

Assim como sensor de tensão, o sensor de corrente gera em sua saída uma variação proporcional, nesse caso, a corrente medida, portanto essa variação

apresenta valores positivos e negativos, devido a característica senoidal da corrente alternada.

O Sensor de corrente gera em seus terminais uma corrente de 50mA para 100A no condutor medido.

Essa variação de corrente é transformada em tensão para o Microcontrolador através da utilização de um resistor de carga nos terminais do sensor.

Como a variação de corrente é senoidal, a corrente de pico a pico gerada nos terminais do sensor de corrente podem chegar a 141.4 mA. Utilizando um resistor de valor comercial de 33 Ohms como carga para esse Sensor, temos uma variação correspondente a 4.666V de pico a pico, pois segundo a lei de Ohm:

$$\text{Tensão} = \text{Resistência} * \text{Corrente}$$

Utilizado o resistor de 33 Ohms, temos que:

$$\text{Tensão} = 33 * 141.4 * 10^{-3} = 4.666V$$

Tal taxa de variação está dentro do range de medição do ADC, porém, assim como a variação de tensão, é necessário que essa variação aconteça somente entre valores positivos. Para obter uma variação de valores positivos, o mesmo circuito dimensionado para o sensor de tensão foi aplicado no sensor de corrente, onde um conjunto de divisor de tensão com capacitor, aplica uma tensão de 2.5V no sinal, elevando o Offset zero para 2.5, dessa forma a variação do sensor de corrente se dá entre os valores de 0.167V e 4.833V

A Figura 4 apresenta o dimensionamento da interface do sensor de corrente.

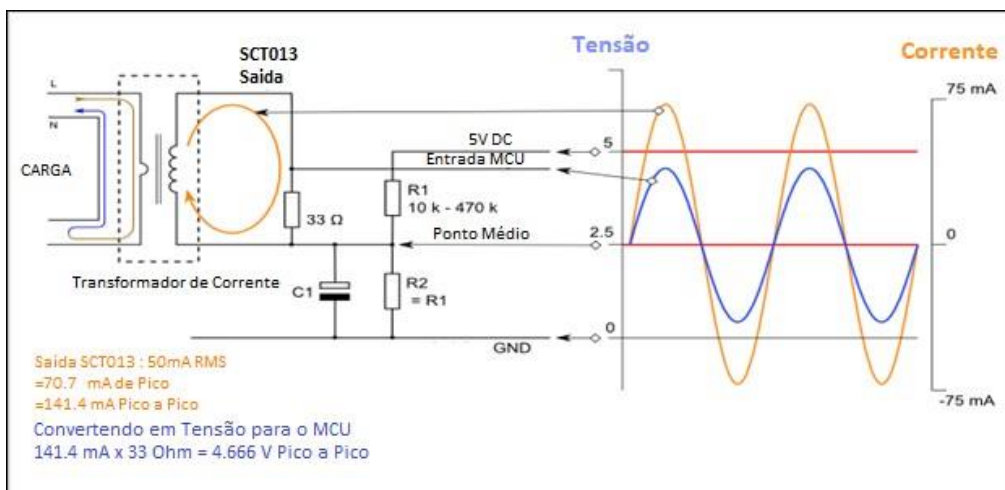


Figura 4 – Interface para Sinal de Corrente. Fonte: Autoria Própria (2017)

Com todas as partes devidamente dimensionadas, foi efetuada a montagem do esquema eletrônico no Software Proteus, conforme pode ser visto na Figura 5.

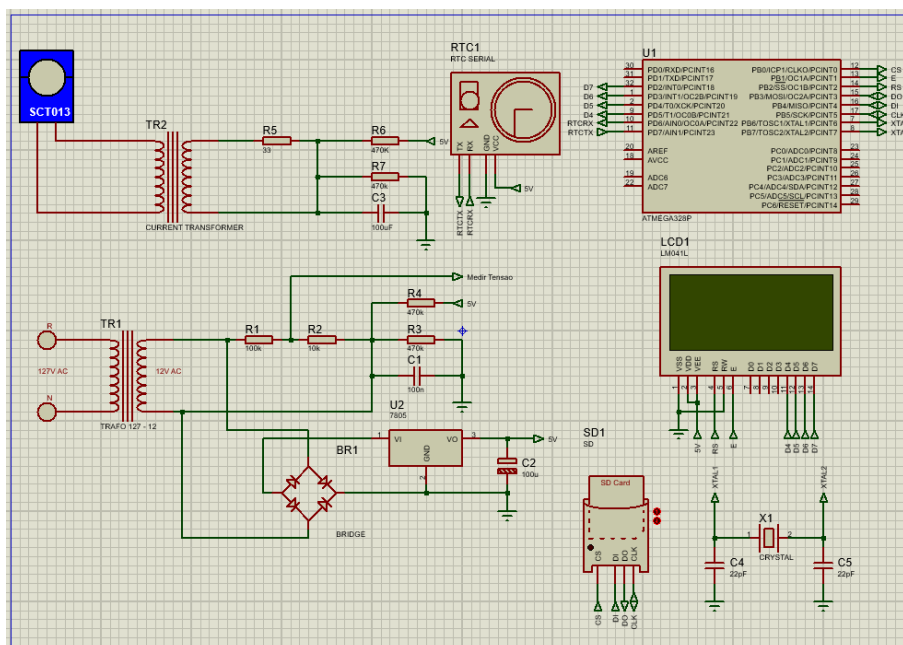


Figura 5 – Interface para Sinal de Corrente. Fonte: Autoria Própria (2017)

Com o esquema elétrico idealizado, dimensionado e desenhado através do Proteus, foi iniciado o desenvolvimento de Software do projeto.

6 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE

O protótipo foi desenvolvido utilizando o microcontrolador ATMEGA328 o qual conterà também o bootloader do projeto OpenSource Arduino, portanto sua programação foi executada em C++ através do Software Visual Studio versão Estudante, usando o plugin vMicro, que possibilita executar o desenvolvimento, compilação e debug para microcontroladores com bootloader Arduino.

A primeira implementação do Firmware foi o Display LCD.

A Inicialização do Display LCD foi executada utilizando a biblioteca LiquidCrystal.h, essa biblioteca é nativa da IDE. Sua estrutura está desenvolvida para trabalhar com o padrão de displays LCDs que foram adotadas pela maioria dos fabricantes.

Sua implementação segue de Incluir sua biblioteca no firmware, instanciar um novo Display, seguido do nome de seus pinos de dados e a função begin() onde é passado os parâmetros do número de linhas e colunas do display.

O fragmento de código abaixo efetua esse procedimento com o Display LCD.

```
#include <LiquidCrystal.h>      // Include LCD
Library LiquidCrystal lcd(10, 9, 5, 4, 3, 2); // Criar
Instancia void setup()
{
    lcd.begin(16, 4);           //Inicializar LCD
    16x4 lcd.print("Initializing SD "); //
    Escrever no LCD
}
void loop()
{
}
```

Como pode ser visto, para escrever é só utilizar a função lcd.print(); passado dentro da função a mensagem a qual deseja enviar para o display.

A segunda implementação foi do SDCard. Para tal foi utilizado a biblioteca SD.h. A implementação do SD card é feita apenas instanciando um novo cartão, como no código abaixo;

```
#include <SD.h>                // Include SDCard Library
File logger;                   // Criar Instancia
void setup()
{
}
```

Em seguida, foram aplicadas lógicas para o armazenamento dos dados calculados no cartão SD. O Firmware Cria um log em arquivo de texto o qual o nome é composto pelo dia, mês e ano no qual está sendo criado, de forma que não sobreponha nenhum arquivo já registrado.

Após implementado o SD Card foi implementado o RTC, utilizando a biblioteca RTCClock.h. Essa biblioteca está implementada pelo fabricante do módulo a qual foi cedida via mídia digital juntamente com o módulo.

O RTC é implementado criando uma instancia onde passamos como parâmetro seus pinos TX e RX. Dentre todas as funções da biblioteca utilizamos duas:

```
getDate();
setDateTime();
timeNow();
```

A função getDate() retorna em uma string a data atual no formato DDMMYY (Dia Mês Ano).

A função setDateTime() atualiza a data do RTC para a data passada para o mesmo no formato DDMMYY-HHMMSS (Dia Mês Ano - Hora Minuto Segundo).

A Função timeNow() retorna em uma string a hora atual no formato HHMMSS (Hora Minuto Segundo).

Com a lógica para o logger em SDCard implementada e o RTC implementado para o controle de tempo, foi implementado então a medição e cálculos das variáveis elétricas desejadas.

Nesse projeto foram definidas como essenciais as medições de Potência Real, Potência Aparente, Fator de Potência, Tensão da Rede, Corrente instantânea e Potência acumulada.

A Aquisição de dados e cálculo das medições são executada pela biblioteca EmonLib.h. Essa biblioteca faz parte de um projeto openSource no qual visa facilitar o desenvolvimento na área de energias utilizando microcontroladores com bootloader Arduíno.

O fragmento de código abaixo apresenta a declaração de variáveis seguidas das funções que calculam seus valores.

```
float realPower      = analyzer.realPower;           //Salvar valor de potência real
na variável
float apparentPower  = analyzer.apparentPower;     //Salvar valor de potência
aparente na variável
float powerFactor    = analyzer.powerFactor;      //Salvar valor do fator de
potencia na variável
float supplyVoltage  = analyzer.Vrms;             //Salvar valor da tensão
instantânea da rede na variavel
float Irms           = analyzer.Irms;             //Salvar valor de corrente
instantânea na variavel
```

A cada um segundo todas as variáveis possuem seus valores atualizado e salvos no SD através da função a seguir:

```
sprintf(buffer,
"%s,%0.2f,%0.2f,%0.2f,%0.2f,%0.2f",time,realpower,apparentPower,powerFAC
tor,supplyVoltage,Irms,acummulated_power);
logger.println(buffer);
```

Sempre que as variáveis são atualizadas seus valores são mostrados no display LCD.

Atualmente no mercado existe diversos dispositivos, periféricos e softwares que podem se comunicar com microcontroladores através de porta Serial, como

Rádio de Transmissão com Protocolo ZigBee, Módulos de Rádio com protocolo Bluetooth, Rádios 433MHz, DataLoggers, Supervisórios SCADA, entre outros. Devido a essa oportunidade de integração com outras tecnologias foi implementado também uma Porta Serial que retransmite todas as informações das variáveis medidas pelo protótipo, dessa forma é possível utiliza-lo em outros projetos de automação e controle.

7 TESTE DO PROTÓTIPO

O protótipo foi testado primeiramente em simulação no Software Proteus, onde teve seu funcionamento avaliado e constatou que o mesmo está funcionando de acordo com o dimensionado.

A Figura 6 apresenta o detalhe da simulação com gerador de corrente e tensão na entrada do Osciloscópio simulado, onde pode-se ver a redução nos valores de tensão sem alteração do formato de onda.

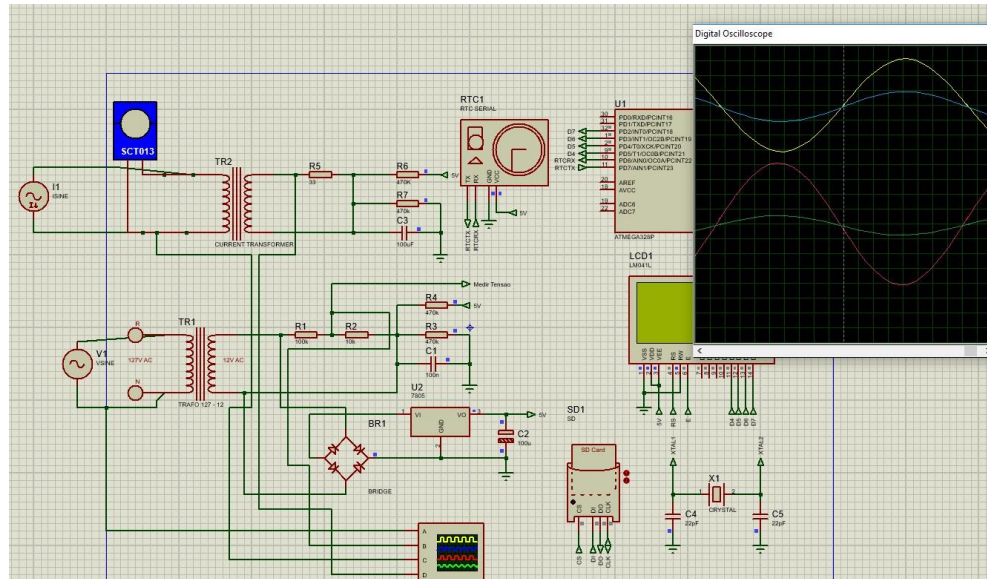


Figura 6 – Simulação Elétrica Realizada no Proteus. Fonte: Autoria Própria (2017)

Uma vez que o circuito elétrico foi testado, foram realizadas simulações para teste juntamente com o firmware do microcontrolador.

A Figura 7 apresenta uma simulação com o firmware do microcontrolador

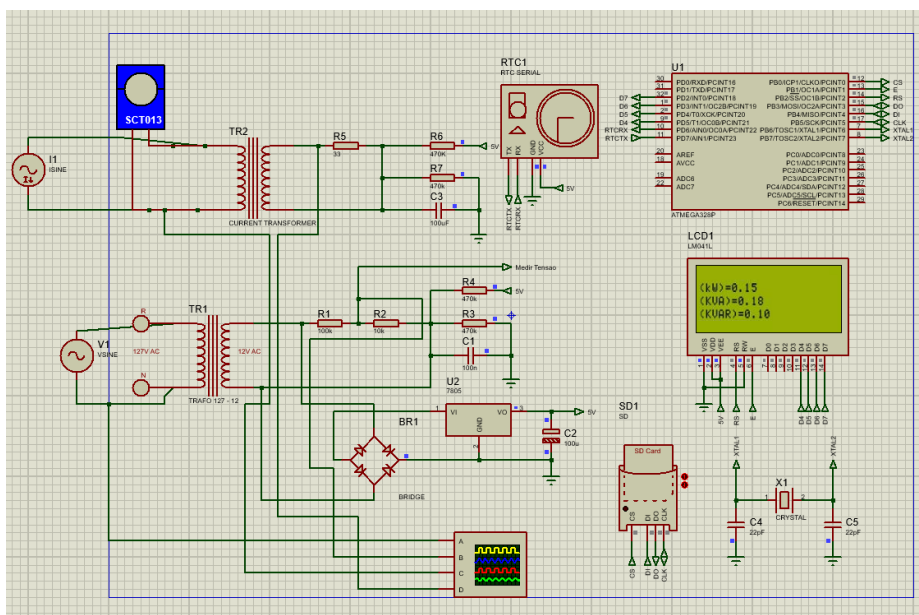


Figura 6 – Simulação com Firmware Proteus. Fonte: Autoria Própria (2017)

Os testes realizados com o Software de Simulação foram bem satisfatórios, em contrapartida houve problemas iniciais na simulação de alguns componentes como o RTC e o SDCard, porém foram resolvidos com a atualização da biblioteca de componentes do Proteus.

Após todas simulações e testes em software foi montado um protótipo que pode ser visto na Figura {fig:f0557} .

O protótipo foi testado inicialmente em bancada com uma lâmpada de 100W/h e depois ligado ao circuito principal da residência.

Os primeiros teste de bancada com a lâmpada foi bem satisfatório uma vez que os valores chegaram bem próximos. Foi necessário efetuar alterações nas variáveis de calibração do software, porém após calibrado o mesmo se mostrou bem estável em relação as medições, que foram comparadas com medições realizadas simultaneamente com multímetros em escala de tensão e corrente.

Após a calibração e o bom desempenho com a lâmpada o sistema foi instalado após o medidor de consumo da concessionário no circuito primário residencial.

Após um determinado tempo foi conferido a medida de consumo acumulada com a medida de consumo indicada no mostrar do medidor da concessionária. Com um intervalo de medição de 24 horas o medidor de consumo apresentou um erro

menor que 1% comparado ao medidor da concessionária. Um Resultado bem satisfatório para o desenvolvimento.

Apurando posteriormente essa diferença pode ter sido dada devido o pequeno consumo que o medidor desenvolvido produz ao ser inserido na rede, porém como seu consumo é muito baixo, isso não influenciaria no monitoramento do consumidor.

8 CONCLUSÃO

O medidor de consumo de energia elétrica proposto por este trabalho possibilita o consumidor acompanhar de forma prática e sucinta o seu consumo diário de demanda. Tal acompanhamento pode ser utilizado para evitar o consumo irracional de energia elétrica em tempos de bandeira vermelha, que ocasiona acréscimo na fatura de energia elétrica.

Além da medição convencional de energia consumida em kWh o medidor proposto também é capaz de apresentar as medições de fator de potência e potência real e aparente. Tais grandezas podem ser de grande valor no desenvolvimento de algum equipamento, possibilitando também a utilização do medidor desenvolvido para se obter uma medição de um equipamento singular de forma a descrever na prática quais são suas reais características de consumo.

O Objetivo foi atingido através do desenvolvimento do medidor de consumo de demanda e o armazenamento dessa informação, que pode ser utilizada pelo consumidor para efetuar levantamentos e análises de consumo em horários de pico e determinadas ocasiões como horários e dias específicos do ano.

O Protótipo possui uma eficiência energética muito boa, uma vez que a energia consumida pelo equipamento é da ordem de mWh, fazendo com que o mesmo não proporcione um aumento expressivo algum na conta de energia do consumidor ao utilizá-lo.

Apesar das dificuldades encontradas em trabalhar com diversos componentes eletrônicos a plataforma openSource Arduíno se mostrou muito poderosa em relação a informações de desenvolvimento, uma vez que existe na internet diversas informações sobre integração de dispositivos e bibliotecas já implementadas para trabalhar com o mesmo disponíveis.

Em um cenário onde temos diversos fatores influenciando no aumento da fatura de energia elétrica e o consumo irracional se torna um problema para todos, o medidor proposto oferece ao consumidor uma alternativa de monitoramento interno residencial para acompanhar de perto a proporção de seu consumo, assim como

dados para uma análise mais detalhada de histórico de consumo através do sistema de log.

9 REFERÊNCIAS

CPFL. **Tributos Municipais, Estaduais e Federais**. 2017. Disponível em: <<http://servicosonline.cpfl.com.br/tributos.aspx>>. Acesso em: 20/02/2017.

DARÓS, R. R.; PEREZ, A. L. F. **Programação em Arduino Módulo Básico**. Santa Catarina, 2013. Disponível em: [http://oficinaderobotica.ufsc.br/files/2013/04/Programação-em-Arduino-Módulo- Básico.pdf](http://oficinaderobotica.ufsc.br/files/2013/04/Programação-em-Arduino-Módulo-Básico.pdf) >. Acesso em: 07/05/2017.

LAMIN, H.; FIGUEIREDO, F. M. de. **Medição eletrônica em baixa tensão**. 2009. Dissertação (Mestrado). Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/4040>>. >. Acesso em: 20/07/2017..

SILVA, M. R. da U.; CANESIN, C. A. U. **Modelação e análise da vida útil (metrológica) de medidores tipo indução de energia elétrica ativa**. 2010. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/87039>>. >. Acesso em: 19/04/2017.

Sistema de aproveitamento de energia para rede elétrica a partir de frenagem regenerativa (Centrífugas de açúcar)

*System of harnessing of energy for electric network from regenerative braking
(Sugar centrifuge)*

Alison Felipe Braga de Sena¹
Lucas dos Santos Bueno¹
Sergio Augusto Coppi Limeira¹
Stephanie Ferreira Pinto¹
Victor Hugo Fernandes¹
Giuliano Pierre Estevam²

RESUMO

Plantas indústrias do setor sucroenergético vendem o excedente de energia gerada, através dos processos internos de cogeração, por isso garantir um consumo eficiente é primordial para a sustentabilidade do negócio. O presente trabalho realiza um estudo em centrífugas de açúcar que são acionadas por circuitos que regeneram energia para rede elétrica durante a frenagem.

Palavras-Chave: Centrífuga Regenerativa, Economia, Inversor Regenerativo, SIN, Sucroenergético.

ABSTRACT

Plants in the sugarcane industry sell the surplus energy generated through the internal processes of cogeneration, so ensuring efficient consumption is primordial for the sustainability of the business. The present work performs a study in sugar centrifuges that are driven by circuits that regenerate energy to the electric grid during braking.

Key words: Regenerative Centrifuge, Economics, Regenerative Inverter, SIN, Sugarenergy.

Introdução

Com a crescente preocupação de se fazer um uso mais eficiente da energia elétrica, tanto por fatores ambientais quanto por viabilidade econômica nos processos, observou-se que: nas aplicações industriais de máquinas que possuem uma grande inércia em sua operação - consumo de grandes parcelas de energia na partida e a

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

² Professor Doutor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

devolução de parte deste potencial na parada - o conceito de se realizar um estudo para reaproveitar essa energia ainda é pouco conhecido e conseqüentemente pouco praticado.

Pensando nisso, o presente trabalho busca desenvolver um estudo sobre freios regenerativos, em aplicações de motores elétricos de indução que acionam centrífugas de açúcar descontínuas.

Essas máquinas são largamente utilizadas em plantas industriais modernas do setor sucroenergético e desempenham uma função de destaque no aumento da produtividade e economia de energia.

Conversores Eletromecânicos

Os conversores eletromecânicos na classe dos conversores rotativos, são divididos em motor – converte energia elétrica em mecânica – e gerador – converte energia mecânica em elétrica. Esse fenômeno acontece quando um dispositivo consegue armazenar energia na forma de campo elétrico ou magnético, e com isso converte energia elétrica em mecânica ou mecânica em elétrica [1].

Máquinas de Corrente Contínua

As máquinas de corrente contínua convertem energia elétrica CC (Corrente Contínua) em mecânica, tendo um princípio de funcionamento simples, porém com uma construção complexa, sendo empregados em aplicações onde há necessidade de: controle de velocidade, reversões, frenagens e partidas frequentes.

Com o aumento da produção e o grande avanço na tecnologia de inversores de frequência, esse tipo de máquina elétrica vem perdendo espaço, devido às vantagens fornecida pela implantação do inversor de frequência [2].

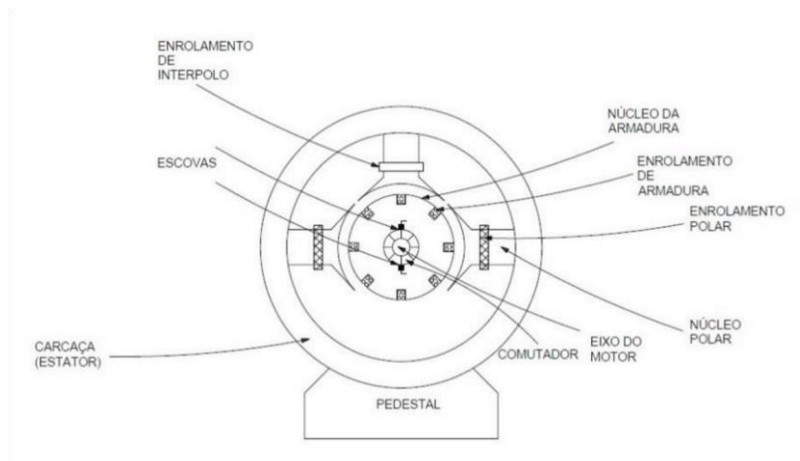


Figura 1 – Estrutura de um motor corrente contínua (fonte do autor).

Máquinas de Indução

No princípio, as máquinas de indução eram apenas utilizadas para aplicações onde não havia necessidade de variações na sua velocidade, ou seja, operavam em uma velocidade constante.

Os motores de indução, gaiolas de esquilo, apresentam inúmeras vantagens: manutenção reduzida; custo reduzido; maior eficiência; capacidade de trabalhos em ambientes agressivos; peso; volume e inércia rotacional. Devido a essas vantagens, aplicações nas quais se utilizava motores de corrente contínua começaram a serem substituídos por motores de indução, com acionamento a inversores de frequência para controle da sua velocidade [3].

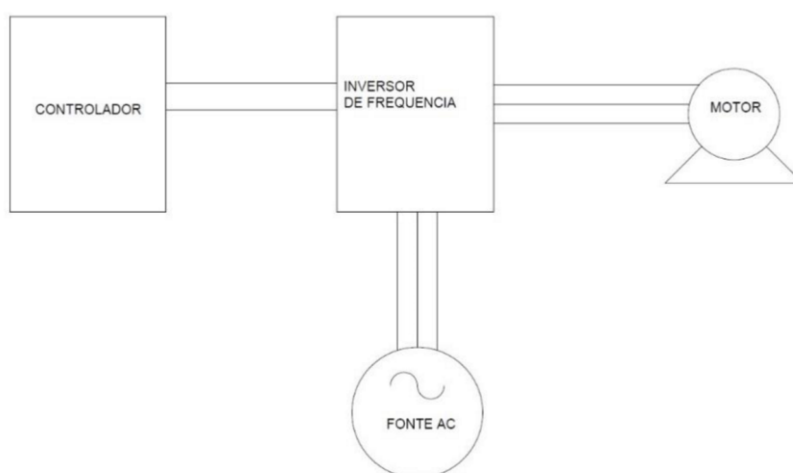


Figura 2 – Motor acionado por inversor de frequência (fonte do autor).

O motor de indução é constituído de duas partes principais: uma parte fixa denominada estator, onde se encontra o enrolamento responsável por criar o campo magnético girante; e outra parte móvel denominada rotor, onde se encontra o enrolamento responsável em receber a energia induzida pelo estator para a geração do conjugado, devido à existência de dois campos elétricos aparecerá uma força entre o rotor e o estator que fará com que o rotor gire.

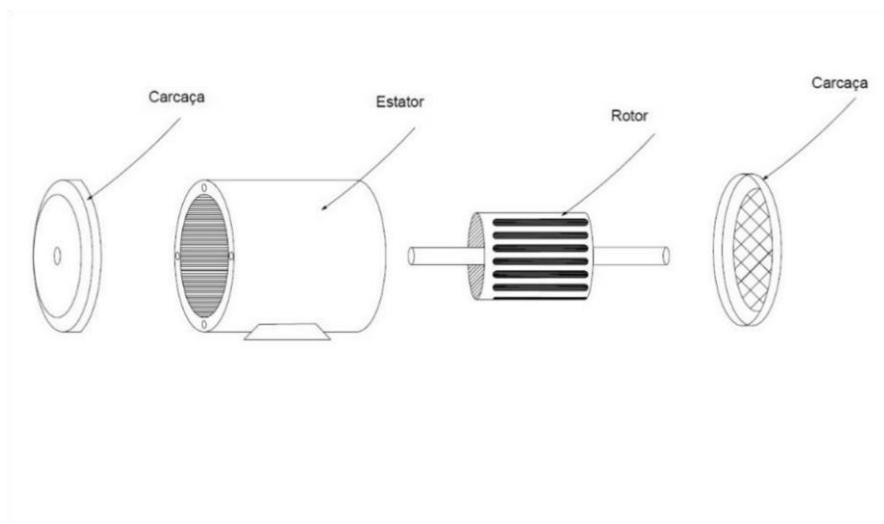


Figura 3 – Motor de indução (Fonte do autor)

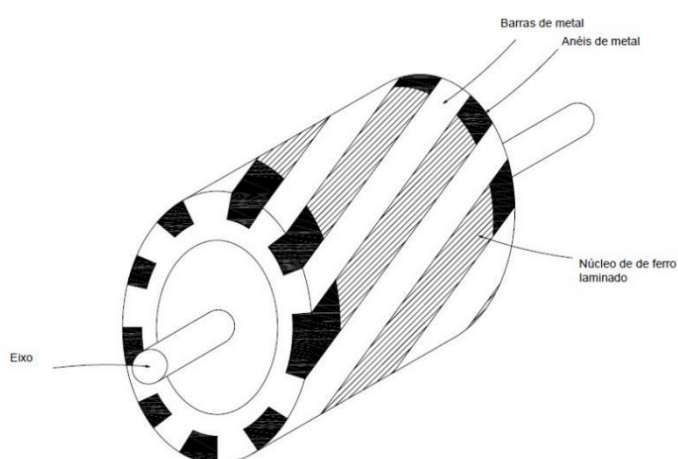


Figura 4 – Vista do rotor de um motor de indução (Fonte do autor).

Uma particularidade de um motor de indução é a diferença de rotação que existe entre o campo girando induzido no estator, proveniente da rede elétrica, com a rotação do rotor. Essa diferença percentual denomina-se escorregamento e pode ser calculada pela equação (1) [4].

$$S = \frac{(NS - NR)}{NS} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

S = Escorregamento Percentual

NS = Velocidade Síncrona

NR = Velocidade do Rotor

INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Conceito

O inversor de frequência é o equipamento eletroeletrônico mais utilizado em aplicações que necessitam controlar uma velocidade de rotação de um motor de indução trifásico, ele é capaz de converter a tensão alternada com frequência constante em tensão contínua e depois gerar em sua saída uma tensão alternada novamente, no entanto graças a seu sistema de potência e controle permite a variar e controlar a tensão e sua frequência de saída.

Funcionamento de inversor de frequência

Basicamente esse acionamento se divide em quatro partes: o retificador, circuito intermediário, inversor e controle. Conforme a figura 5:

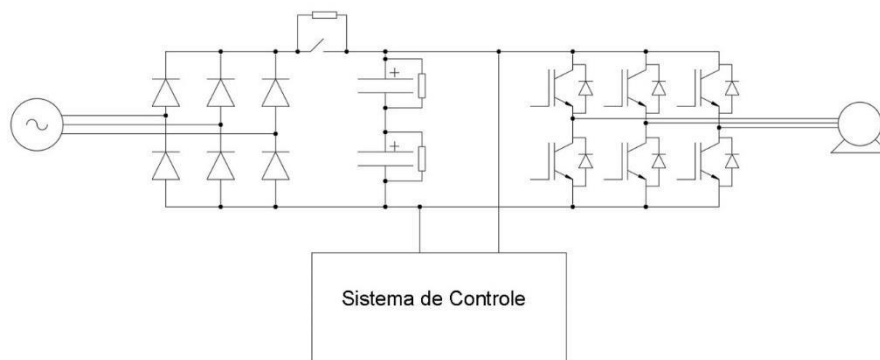


Figura 5 – Esquema elétrico de um inversor de frequência. (Fonte do autor).

O circuito retificador tem como sua finalidade transformar a tensão alternada da sua rede de alimentação em tensão contínua assim em seguida essa tensão CC chega ao circuito intermediário onde temos os capacitores responsáveis em realizar a filtragem da tensão contínua obtida, minimizando quaisquer possíveis distorções causadas na retificação, garantindo a melhor eficiência no nível de tensão quando estiver trabalhando em pleno funcionamento. Em seguida o circuito inversor, onde é gerado a tensão novamente trifásica CA, recebe a tensão contínua do bloco anterior e através de um circuito constituído de transistores IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor – Transistor Bipolar de Gate Isolado) que funcionam no corte ou na saturação como uma chave estática através de um sinal PWM (Pulse-Width Modulation - Modulação por Largura de Pulso) enviado ao seu terminal de gate [4].

Esse sinal PWM pode ser visto através de um osciloscópio em teste realizado em um inversor devidamente adaptado para testes.

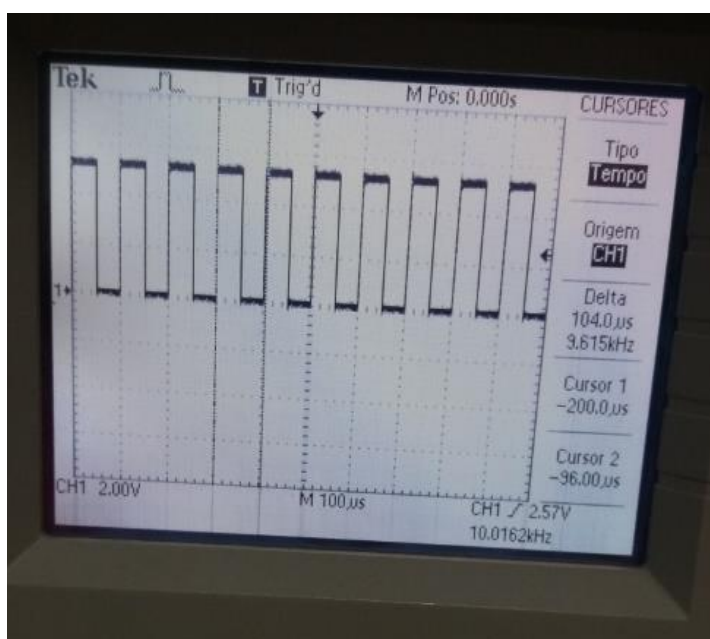


Figura 6 – Sinal de PWM visto na tela de um osciloscópio.

Inversores Regenerativos

Em algumas aplicações necessita-se redução na velocidade ou parada total em um determinado tempo sem que ocorra interrupção por falha de sobre tensão no Link CC (Corrente Contínua). A solução mais eficaz é a devolução desse excedente de energia para a rede elétrica por circuitos que controlam os disparos dos IGBTs afim de sincronizar as formas de onda das duas fontes.

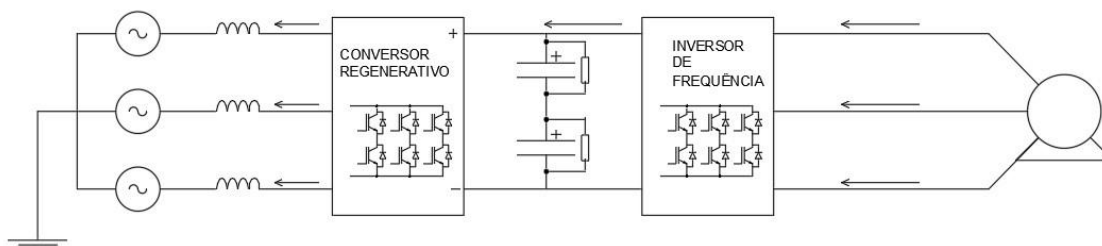


Figura 7 - Inversor devolvendo energia para a rede elétrica (Fonte do autor).

Além do fluxo de potência existente entre o circuito e a rede, o módulo regenerativo fornece fator de potência igual a 1, uma vez que, controla as amplitudes e frequências das senóides de tensão [5].

Cogeração de energia no setor sucroalcooleiro

Indústrias Sucroalcooleiras

Atualmente o processo de extração do caldo da cana-de-açúcar, em grande parte das indústrias, é efetuado por moendas acionadas por motores elétricos ou turbinas a vapor, a eficiência de extração é de 94,0% a 97,5%, no entanto algumas empresas utilizam de outro método, o difusor, que extrai cerca de 98% da cana. A figura 8 mostra o processo simplificado da moagem da cana-de-açúcar, onde se resulta em dois produtos essenciais para os demais processos, o caldo extraído que é destinado para a produção de açúcar e álcool e o bagaço que destinado a geração de vapor [6].

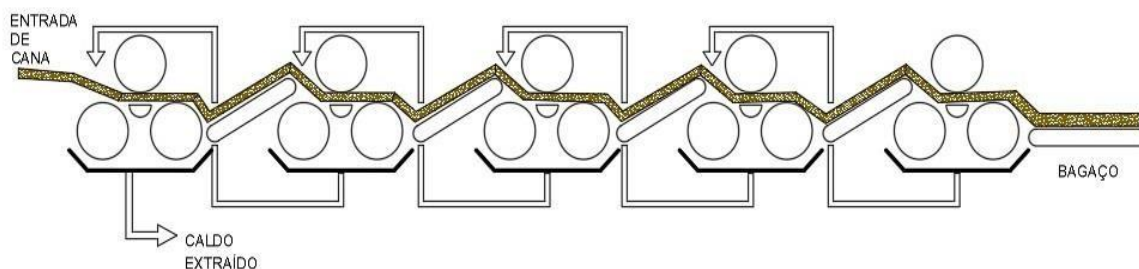


Figura 8 - Ilustração simplificada do processo de moagem (Fonte do autor).

Cogeração

Cogeração consiste na produção simultânea ou sequencial de duas fontes de energia. Pode-se citar como exemplo de cogeração as termoeletricas onde o processo de geração de energia elétrica é feito através do vapor d'água movendo a turbina de um gerador. Na primeira etapa a queima de um combustível, biomassa, gera a primeira fonte de energia, o calor, utilizada para aquecer a água até se transformar em vapor, que é fornecido as turbinas para a geração de energia elétrica, sua segunda fonte de energia.

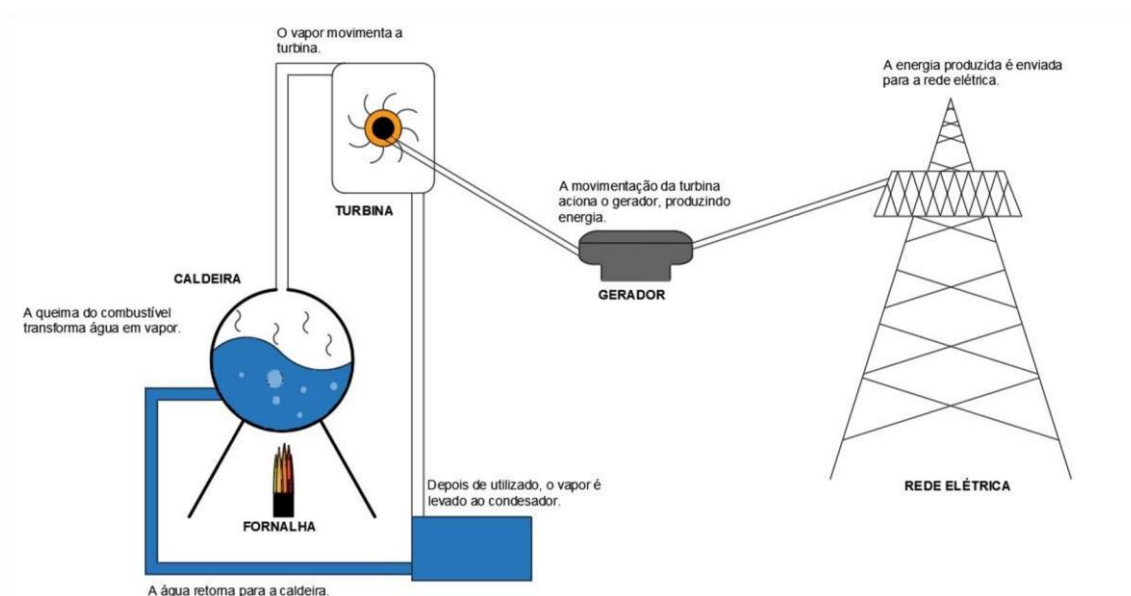


Figura 9 - Ilustração de uma Usina Termoeletrica (Fonte do autor).

SIN (Sistema Interligado Nacional)

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é um sistema de geração e transmissão de energia elétrica que engloba as cinco regiões brasileiras, contém usina geradoras de energia elétrica, subestações e linhas de transmissão que variam de 230kv a 750kv, em tensão alternada e as linhas de HVDC (*High Voltage Direct Current* -

Corrente Contínua de Alta Tensão) de 600kv e 800kv. Esse sistema pode ser dividido em quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centrooeste, Nordeste e Norte [7].

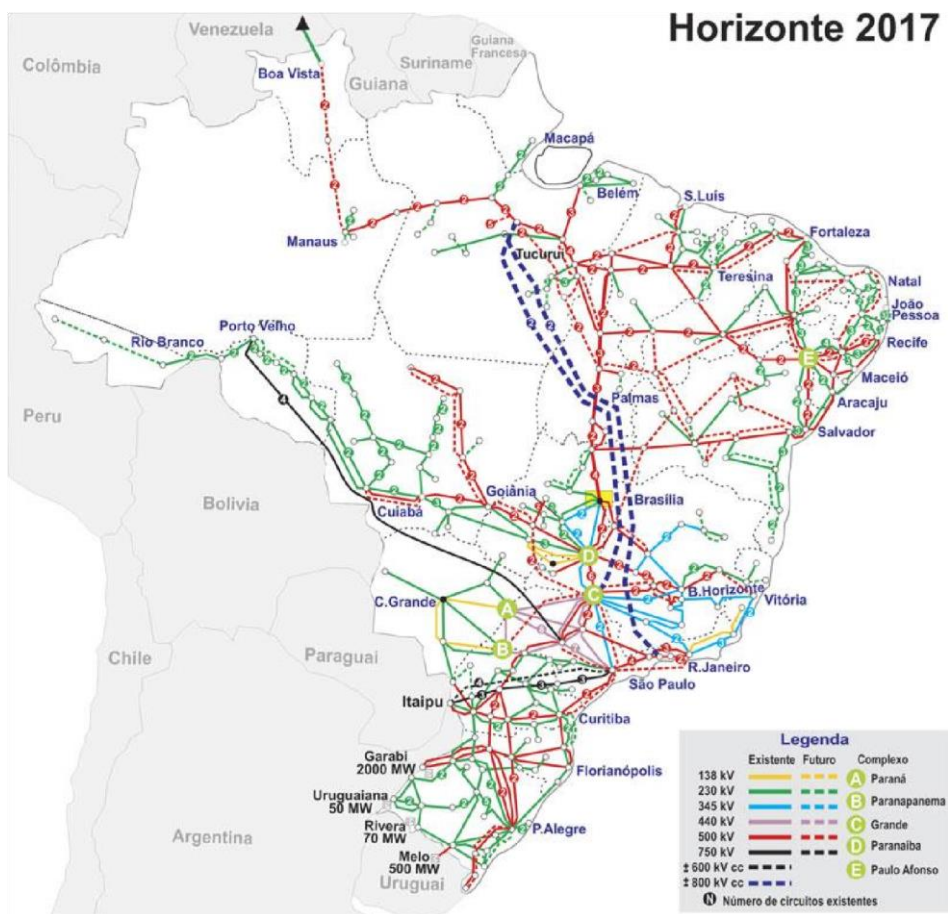


Figura 10 - Sistema de Transmissão (Fonte ONS).

Participação das Usinas Sucroalcooleira no SIN

Em 2016 a produção de energia através da biomassa chegou a 8,8% atingindo o segundo lugar na produção de energia no Brasil totalizando 54 TWh, onde 36 TWh foi proveniente da queima do bagaço e da palha da cana de açúcar ou seja aproximadamente 5,87% da produção energética é dado pela queimada dos resíduos da cana [8].

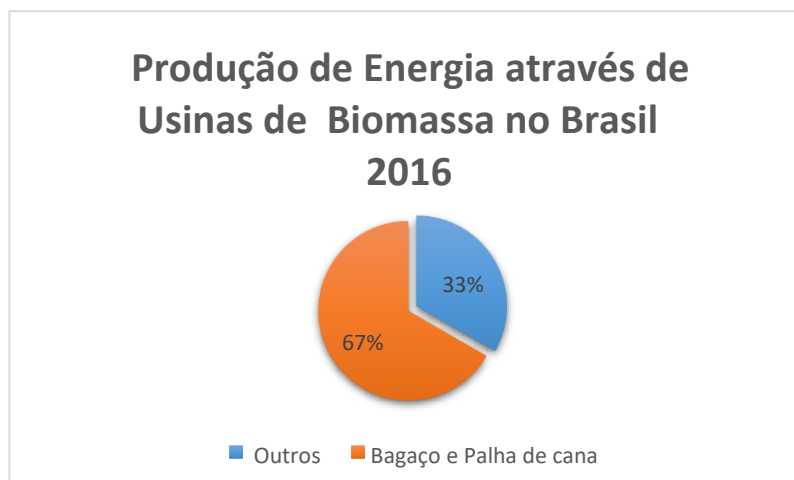


Figura 11 - Gráfico da porcentagem de geração através da queima dos resíduos da cana-de-açúcar.

Centrífugas

Centrifugação

O processo de centrifugação do açúcar é uma das últimas etapas na cadeia produtiva de fabricação da commodity, consiste em separar partículas de cristais sólidos do mel líquido, presentes em uma massa cozida. As principais matérias primas para sua fabricação são: Cana-de-açúcar e Beterraba açucareira, a primeira representa cerca de 70% da produção mundial e a segunda em torno de 29%, outras fontes como sorgo doce, frutas, mel de abelhas e néctar de flores compõem o restante [9].

Centrífugas descontínuas

No passado as centrífugas descontínuas, ou do tipo batelada, eram acionadas por motores multipolos, motor com quatro enrolamentos diferentes, normalmente com 6/12/36/96 polos para as velocidades de 1200/600/200/75 RPM. Não existia a preocupação com a eficiência energética das máquinas, só se atentavam na produção do equipamento.



Figura 12 - Foto de uma centrífuga descontínua (Catálogo Mausa).

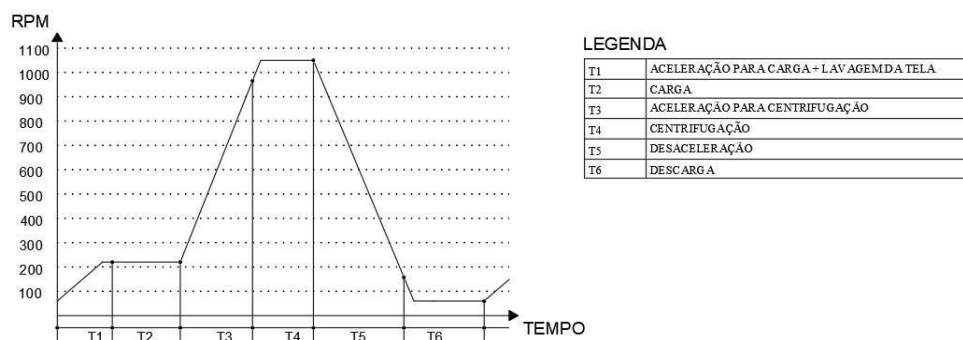


Figura 13 - Gráfico do ciclo de centrifugação (Catálogo Mausa).

Cada etapa tem seu tempo determinado principalmente pelas condições da massa primária e pelo tipo de açúcar a ser produzido. Determina-se como ciclo quando a centrífuga conclui todas as etapas apresentadas.

ESTUDO DE CASO

Apresentação da usina estudada

O grupo Viralcool atualmente conta com três plantas industriais sucroenergéticas, localizadas no estado de São Paulo nas cidades de Pitangueiras, Castilho e Sertãozinho. Todas com atuação na produção e comercialização de etanol, açúcar e bioenergia.

Para o estudo de caso deste trabalho foi considerado a unidade II do grupo Viralcool, localizada na cidade de Castilho-SP, a planta já opera com centrífugas que

possuem tecnologia de inversores regenerativos e por isso tem sua geração de energia otimizada.

Eficiência energética

Em uma planta sucroenergética temos diversas transformações de energia que englobam quatro fontes principais primárias, são elas: energia química proveniente da biomassa bagaço; energia térmica com a geração de vapor nas caldeiras, energia mecânica na forma de potência nas turbinas e por fim, energia elétrica em forma de eletricidade gerada pelo gerador.

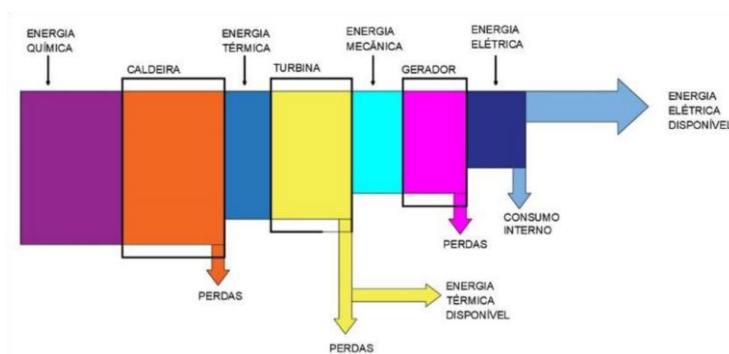


Figura 14 - Fluxo de Transformações Energéticas de Usina Sucroalcooleira (Fonte do autor).

Cenário analisado (Operação de uma centrífuga Mac 1800)

Na planta industrial analisada operam um conjunto de três centrífugas automáticas Mause modelo Mac 1800, a tabela (1) ilustra as principais características da máquina.

Tabela 1 - Dados técnicos Centrífuga Mause Mac 1800.

Modelo		Mac1800
Dados Técnicos		
Capacidade de carga por ciclo	Kg	1800
Volume do cesto	l	1090
Espessura de camada do produto	mm	230
Velocidade máxima	RPM	1200
Força G máxima	G	1080
Distância entre centros	mm	2300
Números máximo de ciclos	ciclos/h	28
Capacidade máxima de massa cozida	t/h	50
Potência do motor	KW	315

Fonte: Catálogo Mause.

Esse tipo de centrífuga utiliza a tecnologia de inversores de frequência regenerativos em conjunto com motores de indução de alto rendimento, aproveitam a grande inércia rotacional da máquina para fazer o processo reversível e tornar o motor elétrico um gerador de energia.

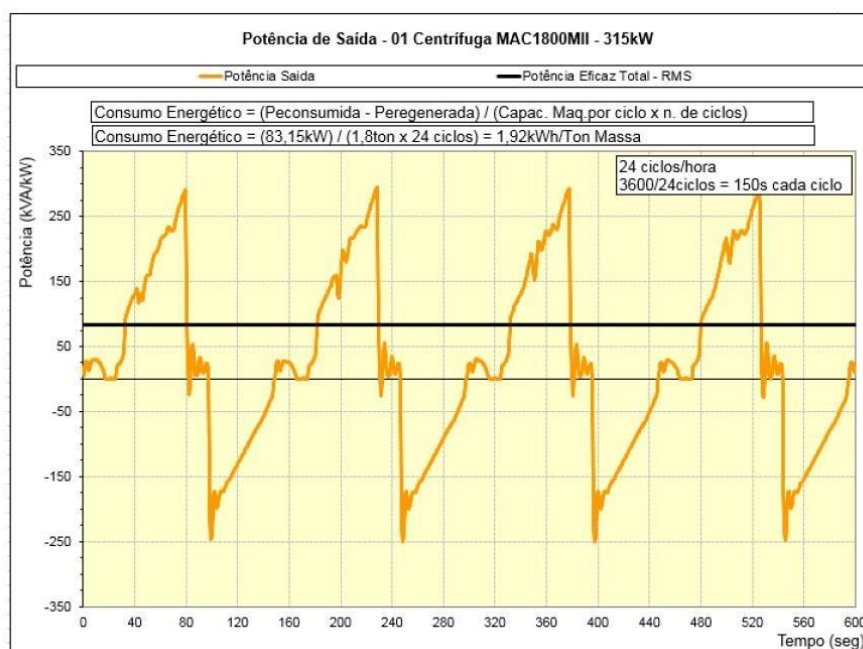


Figura 15 - Gráfico do consumo energético da centrífuga Mac 1800 acionado por inversor de frequência regenerativo (Fonte do Savazzi).

A Figura 15 ilustra os valores de consumo, quando a potência é positiva, e regeneração, quando a potência é negativa (eixo y), ao longo de um espaço de tempo (eixo x). Através do gráfico demonstrado na figura, obtém-se um valor de potência eficaz de 83,15 KW bem abaixo da potência nominal do motor. Vale lembrar que os dados do gráfico foram simulados em uma situação ideal pelo autor.

Coleta de dados

Para validação do estudo de freios regenerativos, foram realizadas coletas de dados em campo para quantificar o consumo energético da máquina. Instalou-se um analisador/totalizador portátil de qualidade de energia da marca IMS no barramento de entrada da centrífuga I, dados nominais do equipamento na Tabela 1.



Figura 16 – Conexões de TP's e TC's no barramento de alimentação do módulo regenerativo para medição (Fonte do autor).

O local escolhido para a instalação das pontas de prova dos TP's (transformador de potencial) e os toróides dos TC's (transformador de corrente) é o barramento de entrada geral, o mesmo faz a conexão da fonte geradora com o circuito regenerativo (Figura 7) e antecede o filtro de reatância trifásica, responsável por

atenuar distorções harmônicas de altas frequências geradas pelo chaveamento dos IGBT's.

Resultados da coleta de dados

Com os registros da centrífuga em operação conforme a Figura 17, tem-se a potência ativa por fase do equipamento.

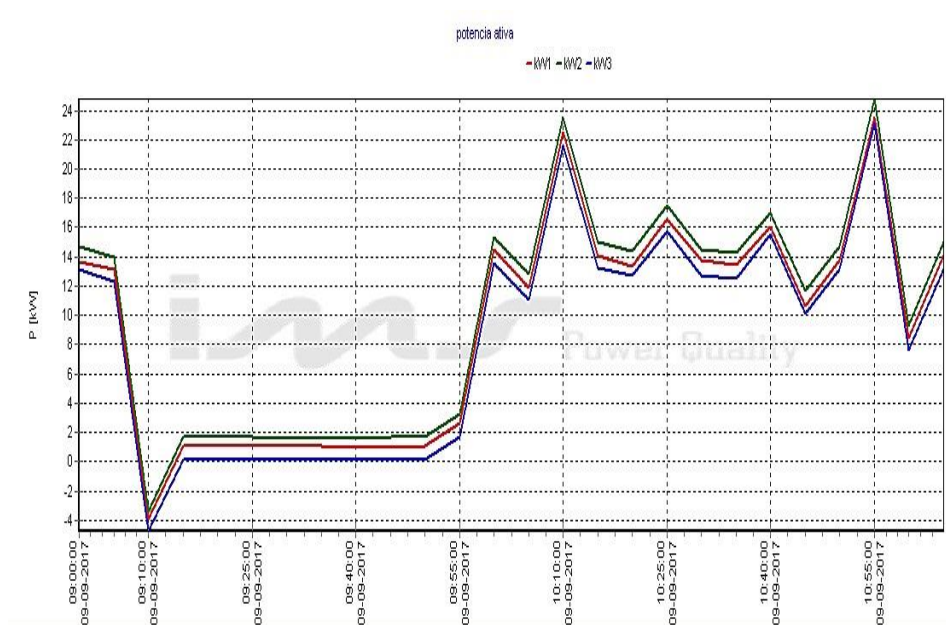


Figura 17 - Comportamento da potência ativa, por fase, da centrífuga regenerativa Mac 1800 (Fonte do Autor).

A máquina entrou em operação atingindo uma potência ativa máxima de 24 KW por fase. Pela característica de leitura do analisador que referencia toda medição com o neutro, o consumo energético da máquina é dado por fase e pode ser calculado pela equação (2).

$$PF = VF \cdot IF \cdot \cos\varphi \quad (2)$$

Em que:

PF = Potência por fase

VF = Tensão de fase

IF = Corrente por fase

Cos φ = Fator de potência

Aplicando a equação (3) da potência trifásica, lembrando que o $\cos\varphi$ tem valor unitário, chegasse a um valor de potência trifásica máximo de 72 KW, valor este que corresponde ao consumo energético.

$$P_{Trif} = 3 \cdot VF \cdot IL \cdot \cos\varphi \quad (3)$$

Em que:

P_{Trif} = Potência Trifásica

VF = Tensão de fase

IL = Corrente de linha

Discussão dos resultados

Com o resultado da equação (3) a potência da máquina tem o valor máximo de 72KW, sabe-se que a máquina é capaz de realizar até 24 ciclos por hora com capacidade de 1800kg, como mostra a tabela 1, e que em condições ideais de operação com carga máxima a mesma tem um consumo energético de 1,92KWh/Tonelada de massa, ou 83,15KW, ilustrado no gráfico da figura 15.

$$\text{Consumo Energético} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{TonMassa}} \right) = \frac{(P_{consumida} - P_{regenerada})}{(\text{Capac. Maq. por ciclo} \times n.\text{ciclos})} \quad (4)$$

No caso real estudado a centrífuga teve uma quantidade de 850kg de massa processada por ciclo, devido à baixa disponibilidade do processo industrial em fornecer massa cozida, isso fez com que o rendimento específico da máquina caísse, aplicando a equação (4) para a situação obtém-se um consumo de 3,60KWh/Tonelada de massa, é o melhor rendimento entre os tipos de máquinas disponíveis para centrifugação.

Conclusão

A proposta deste trabalho fundamentou-se no estudo de centrífugas de açúcar regenerativas aplicadas em usinas sucroenergéticas. Através de pesquisas em bibliografias acadêmicas, material fornecido pelo fabricante, literaturas da área e com dados coletados em campo comprovou-se a eficiência energética da frenagem regenerativa para a rede.

Os dados coletados em campo, comprovaram os ensaios da bibliografia utilizada na pesquisa e expuseram o consumo da máquina versus sua regeneração por ciclo comparado a potência nominal do motor elétrico.

Referências

SIMONE, GILIO ALUISIO; CREPPE, RENATO CRIVELLARI. Conversão eletromecânica de energia. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BRASIL ESCOLA, Disponível em

<<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/geradoreseletricos-forca-eletromotriz.htm>>.

Acesso em 15 de agosto 2017.

DEL TORO, V Fundamentos de máquinas elétricas. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

SIMONE, G. A. Máquinas de Indução trifásica. São Paulo: Érica, 2000.

FRANCHI, Claiton Moro. Inversores de frequência: Princípios de funcionamento. 2 ed.

São Paulo: Saraiva, 2012.

WEG. Conversor regenerativo. 2005 ed. [S.L.]: Weg, 2005. 19-24 p.

SAVAZZI, Éder Renato. Sustentabilidade e Otimização Energética de uma Planta Industrial Utilizando a Tecnologia de Regeneração. 2017.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Garatinguetá, Universidade Estadual Paulista.

TAESA, Sistema interligado nacional – sin. Disponível em:

<<http://institucional.taesa.com.br/a-taesa/nosso-negocio/sistema-interligado-nacionalsin/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

GOVERNO DO BRASIL, Biomassa. Disponível em:
<<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2017/03/em-2016-biomassa-e-a-segundamaior-fonte-de-energia>>. Acesso em: 15 out. 2017.

MAGALHÃES, A. C. Miranda, Açúcar e Álcool.
Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAQ0wAD/alcool-acucar-unidade-ivcentrifugacao?part=3#>>. Acesso em: 14 de julho 2017.

Desenvolvimento de máquina pneumática para bombeamento e projeção de materiais de construção civil

Pneumatic machine development to pumping and projections of building materials

Rodrigo Coltro Canola¹
Diego Francisco Cardoso¹
Pablo Santos Garcia¹
Rogério Padial Maciel¹
Weverton De Souza Farias Alves¹
Fernando Noboru De Paiva¹
Prof. Norberto Januário Pereira²

Resumo

Atualmente as inovações tecnológicas têm grande importância no desenvolvimento humano, obrigando as pessoas a se dedicarem cada vez mais, melhor, e com maior rapidez em aprender e ter uma gama maior de informações para o trabalho e vida pessoal. Este trabalho tem como objetivo a melhoria na parte da qualidade, agilidade e rapidez de trabalho em construções, por meio do transporte de materiais do tipo concreto, reboco e chapisco, ganhando tempo e praticidade na execução do trabalho. Palavras-chave: transporte, construção, trabalho.

Abstract

Nowadays, a technological innovation has great importance in human development, making people to dedicate themselves to learn and have more information for work and personal life. This project aims at improving quality, agility and speed at civil work, by means of transport of materials of the concrete, plaster and slab type, gaining time and practicality at the execution. In the Brazilian constructions, most of the work is handmade, seeing this, we see that we need to improve that performance.

Keywords: transportation, constructions, work.

¹ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

² Engenheiro Mecânico pela Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros (1985). Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, norba.januario@gmail.com

Introdução

Atualmente as empresas buscam inovações e atualizações para executarem seus serviços, produtos inovadores com maior qualidade e custos cada vez mais baixos. Não é diferente para empresas ou trabalhadores autônomos da área de construção civil.

Pensando nisso, o trabalho engloba uma melhora significativa para essa área de atuação. A máquina de transporte de matérias de construção beneficia todos os que obterem-na para trabalho, o empregado e o empregador. Se o empregador for uma pessoa física poderá obter com a máquina de transporte um resultado amplo de trabalho e mais rápido para a construção.

Verificamos que as construções estão ao longo dos anos seguindo um layout, como por exemplo, processo de linha de montagem de um produto fixo. Cada vez mais os componentes de uma construção estão chegando prontos nas obras, ou exigindo o mínimo de trabalho para a montagem ou aplicação desses componentes.

Como o trabalho executado nas construções civis ainda é muito utilizado em trabalhos artesanais no que se refere à montagem assim podemos dizer, o trabalho é pensado principalmente neste aspecto, o de melhorar o desempenho de serviço com uma máquina que contribua com o trabalho de uma obra a ser efetuado com praticidade, minimizando custos e aumentando a produção.

A máquina de bombeamento e projeção de materiais de construção tem um sistema de aplicação de concreto, argamassa e chapisco que consiste no processo de bombeamento e projeção desses materiais por pressão. Utilizando um compressor, o ar comprimido conduz o material que está no reservatório do equipamento por meio da compressão do ar, lançando-os com grande vazão, aumentando a rapidez na execução do serviço e diminuindo o esforço do trabalhador.

Materiais e Métodos

Primeiramente para elaboração do projeto dispusemos de um desenho básico como ideia, mas de uma interpretação fácil para o que seria melhorado no futuro.

Diante de pesquisas e reuniões o projeto teve suas características de instalação e montagem definidas, de acordo com o que o equipamento fosse exercer:

- Volume do reservatório entre 80 a 100 litros.
- Compressor de configuração mínima de 15 pés³/min com 175 litros.
- Mangueira para escoamento de concreto de 3 ou 4 polegadas.
- Mangueira para escoamento de argamassa e chapisco entre 1 e 2 polegadas.
- Reservatório deverá ser montado com chapas de aço que suporte a pressão interna e que tenha durabilidade por conta do atrito do material.
- Válvulas dimensionadas de acordo com o projeto.
- Projeto deverá seguir normas técnicas de segurança devido ao uso de pressão.
- A princípio a máquina deverá transportar os materiais desejados entre 6 a 9 metros de altura com vazão adequada para uso.

Ao longo do tempo de execução do projeto, estas características iniciais foram se alterando de acordo com que fossem necessárias, as modificações foram feitas com base em viabilizar o equipamento para que este apresente um bom funcionamento e ofereça segurança e baixo custo cumprindo com os objetivos.

Seu modo de funcionamento se baseia em diferença de pressão, onde o reservatório recebe o material a ser utilizado logo após, este é tampado de forma que não haja vazamentos de ar, após este procedimento o mesmo é pressurizado por um compressor, a alta pressão gerada pelo compressor e a vazão de ar fornecida pelo mesmo, fornece a força necessária para o material escoar pela tubulação, que é fixada no reservatório através de um engate rápido, a vazão de ar fornecida pelo compressor resulta em vazão de material no final da linha, que seria argamassa ou concreto, logo o material deve apresentar características mínimas para que o equipamento possa trabalhar de forma adequada.

Instrumentação

Os instrumentos de medição de pressão e dispositivos de segurança utilizados no equipamento foram, o manômetro do tipo bourdon que tem como objetivo realizar a medição de pressão interna do reservatório, por ser o mais empregado e consistir na transformação de pressão medida num movimento

indicador. Este tipo de manômetro apresentou mais adequado para a medição de pressão, pois tem um visor simples de fácil visualização e é adequada a pressão que será submetida o reservatório e tem ótimo custo benefício. Como este projeto utiliza pressão em um reservatório fechado, localizando muita pressão em certo ponto, o uso do manômetro foi necessário para poder avaliar se o nível de pressão presente neste local estava passando do limite máximo suportado pelo reservatório, ou seja, funcionando para controlar a pressão do meio interno. Especificamente para a criação desta máquina, o medidor de pressão fica localizado externamente na parte superior do reservatório.

Como dispositivo de segurança foi utilizado uma válvula de segurança tipo chaveiro de 175 lbf/pol², configurada para se abrir a 7 kgf/cm², Mediante o exposto, a escolha do uso da válvula de segurança neste trabalho se deu pela sua importância no alívio da pressão caso houvesse um possível entupimento na tubulação, e usado também para segurança do reservatório impedindo a pressão de alcançar valores críticos, para que a segurança seja mantida como prevista em projeto, garantindo assim, a segurança do operador.

A escolha do compressor leva em consideração os pontos críticos de projeto, onde se precisa de uma vazão considerada adequada para trabalho de concreto e argamassa, logo esta vazão depende da altura de bombeamento e projeção dos materiais, viscosidade dos materiais e comprimento de tubulação e também da vazão de ar fornecida pelo compressor utilizado, onde quando se tem um compressor com uma vazão de ar alta por consequência a vazão de material será maior quando se comparado a compressores com vazão de ar baixa quando submetidos as mesmas condições, sabendo disso o dimensionamento da configuração mínima do compressor será como visto na tabela 1.

Tabela 1 - compressores de ar recomendados para cada tipo de situação.

Deslocamento material	Altura de material	Comprimento de Vazão de teórico	elevação mangueira	Tipo de
283 l/min	Até 6 metros	10 metros	Argamassa	Alta
283 l/min	Até 6 metros	20 metros	Concreto	Baixa
425 l/min	Até 9 metros	20 metros	Concreto	Média
566 l/min	Até 9 metros	20 metros	Concreto	Alta
1133 l/min	Até 9 metros	20 metros	Concreto	Muito alta

Fonte: Autores.



Figura 1 – Compressor de ar. Fonte: Demeo

Materiais de construção

O concreto é um material de construção resultante da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), agregados (pedra e areia) e água. Logo após a mistura o concreto deve possuir plasticidade suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água. Em alguns casos são adicionados aditivos que modificam suas características físicas e químicas (ALMEIDA, 2002).

No trabalho proposto é utilizado o bombeamento de concreto auto adensável, nesse processo o concreto é preparado com uma mistura cimento, água, agregados e aditivos. A mistura é bombeada recebendo ar comprimido.

A máquina tem a função de transportar o concreto na direção horizontal, vertical e inclinada tendo como principais limitações a de que o concreto deverá ter uma consistência fluídica para que seja possível o transporte na tubulação sem que haja o entupimento desta, a maior dificuldade para a movimentação deste material é diminuir o atrito entre o concreto e as paredes internas do tubo.

O chapisco é um revestimento que é aplicado a superfícies lisas, tem como função criar aderência entre a parede e o reboco. É feito com argamassa de cimento

e areia e precisamente há de ser o mais fino possível, pois é aplicado apenas para que as camadas próximas não descolem de tetos e paredes.

O processo para projeção de argamassa se inicia pelo fato das paredes construídas com blocos cerâmicos e tijolos ficarem irregulares. Tendo a necessidade de receber então o chapisco, emboço e reboco simultaneamente.

As argamassas são definidas como sendo a mistura de aglomerantes e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. As argamassas utilizadas em obras são comumente compostas de areia natural lavada, e os aglomerantes são em geral o cimento Portland e cal hidratada. A argamassa deve ter características que não provoque problemas no bombeamento, entupimento do mangote, quanto na projeção. Sua consistência deve ser de tal maneira que permita o escoamento pelo reservatório sem danificar o equipamento e o trabalho executado.

Fundamentação teórica

A pressão fornecida pelo compressor para realizar o escoamento do material pela tubulação está relacionada com força aplicada no sentido contrário ao escoamento devido ao peso do material, perdas de pressão durante o processo, altura de elevação e perdas de carga distribuída e localizada, a pressão fornecida pelo compressor deve ser tal que possa vencer estas forças contrárias possibilitando o escoamento do material.

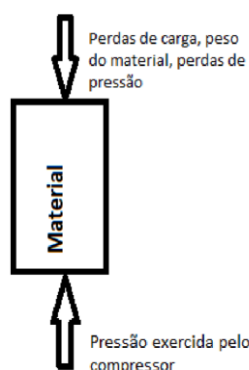


Figura 2 – forças atuantes no equipamento. Fonte: Autores.

Em transporte e projeção de materiais como concreto e argamassa a perda de carga é muito importante e tem grande influência no dimensionamento da

instalação logo o valor da perda de carga seja distribuído ou localizado deverá ser convertido em pressão para assim ser empregada no dimensionamento da instalação.

Reservatório

O reservatório é a parte do equipamento onde será adicionado o material, e em seguida será pressurizado. O tipo de aço utilizado é o aço ASTM A36 e o dimensionamento segue a seção VIII do código ASME relacionado a cálculos de vasos de pressão, o reservatório é dividido em 4 etapas para cálculos onde cada etapa será relacionada a uma geometria do reservatório, onde temos tampo plano, corpo cilíndrico, corpo cônico, e curva 90°, a pressão utilizada para cálculo do dimensionamento da espessura mínima é de 9,4 kgf/cm² sendo considerado uma espessura de corrosão de 3mm, a espessura de fabricação para cada parte do reservatório foram para tampo plano 9,525mm, corpo cilíndrico 6,35mm, corpo cônico 6,35mm e a curva 90° de 6,02mm.

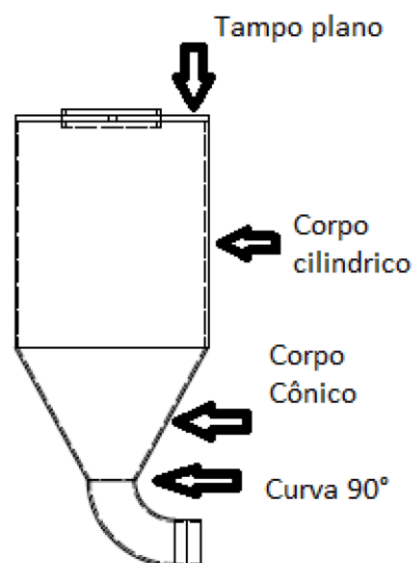


Figura 3 – divisão do reservatório em partes, para cálculo da espessura. Fonte: Autores.

Discussão

Os resultados obtidos na montagem do equipamento foram satisfatórios para argamassa e chapisco, já para concreto os testes realizados não foram suficientes para determinar um bom funcionamento do equipamento, é necessário a realização

de mais testes para ajuste de pressão e estudos mais específicos sobre o material e seu modo de preparo de forma a se evitar entupimentos na tubulação. Todos os componentes empregados no equipamento foram devidamente estudados de modo a se obter um bom funcionamento da máquina e evitar custos desnecessários.

Para a análise do funcionamento do equipamento foi elaborado um roteiro de teste para verificar se o equipamento atendeu as expectativas para utilização.

Primeiramente foi feito o teste com água para verificar possíveis deformidades em partes do equipamento, e também possíveis ajustes para ser realizados nos instrumentos e na pistola de projeção. Na realização do teste também foram observados a pressão de trabalho, a vazão de água. Logo, todo o processo de teste ocorreu como previsto e os ajustes foram realizados para posteriormente iniciar o teste em campo.

A figura abaixo ilustra o equipamento montado pronto para teste com água.



Figura 4 - Projeto para teste. Fonte: Autores.

Para argamassa foi necessário ter um teste para ajuste de pressão onde foi observado a vazão de material de acordo com a realização dos testes foi obtido uma pressão de trabalho ideal de $1,5 \text{ kgf/cm}^2$ para execução do serviço.

A figura abaixo ilustra o ajuste de pressão para a projeção de argamassa.



Figura 5 – Ajuste de pressão de trabalho utilizando argamassa. Fonte: Autores.

Os testes com argamassa deram resultados como previstos, a pressão de trabalho se manteve entre $1,5$ a 2 kgf/cm^2 e o compressor utilizado foi de $15 \text{ pés}^3/\text{min}$, permitindo uma boa aplicação da argamassa e um controle de vazão adequado pelo operador.

A figura abaixo ilustra a projeção da argamassa onde é possível observar a pistola de aplicação, onde se controla a vazão da argamassa pela válvula, se ajustando para permitir uma boa projeção da argamassa.



Figura 6 - Teste realizado com chapisco e argamassa . Fonte: Autores.

Os custos de montagem e fabricação do equipamento ficaram de acordo com o previsto no início do projeto, a ideia para construção do projeto foi para reduzir os custos da máquina para que possa ser adquirida por trabalhadores da área de construção civil que não possuem condições de adquirir máquinas que realizam o mesmo trabalho que está. Logo o objetivo seria dar um start, (ponta pé inicial) para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam atender toda a área de construção civil, principalmente os profissionais autônomos e pequenas empresas da área, que muitas vezes são excluídas por consequência de altos preços de equipamentos já existentes no mercado, e falta de incentivo por parte dos fabricantes.

Tabela 2 - Custos do projeto.

TIPO	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO	TOTAL
Fabricação do reservatório	Marco Botteon	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Curva 90° raio longo schedule 40	4"	1	R\$ 130,00	R\$ 130,00
Engate 4"x 4" (Metacal)	Alumínio	1	R\$ 190,00	R\$ 190,00
Ponteira 4"x 1 1\2" (Jowei)	Alumínio	1	R\$ 80,75	R\$ 80,75

Ponteira 4" x 4" (Metacal)	Alumínio	1	R\$ 42,00	R\$ 42,00
Mangueira 4"	Laranja PVC	20	R\$ 60,00	R\$ 1.200,00
Mangueira 1.1/2"	Laranja PVC	10	R\$ 14,00	R\$ 140,00
Reguladores de pressão simples	1/2"	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00
Registro de esfera	1.1/2"	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Registro de esfera de Ar	3/8"	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
Mangueira Pneumática borracha	3/8"	11	R\$ 3,30	R\$ 36,30
Cruzeta	1/2"	1	R\$ 9,80	R\$ 9,80
Abraçadeira 1.1/2	1.1/2	3	R\$ 7,00	R\$ 21,00
Nipple	1/2"	2	R\$ 7,00	R\$ 14,00
Espigão 1.1/2	1.1/2	2	R\$ 8,00	R\$ 16,00
Válvula de segurança	175 lbf/pol ²	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
				R\$ 3.546,85

Fonte: Autores.

No início do projeto os valores esperados para a fabricação e montagem do equipamento ficou entre R\$ 3.000,00 a R\$ 4.000,00 logo os valores finais estão de acordo com o valor previsto.

Considerações Finais

Concluiu-se que necessita de estudos mais específicos relacionada a bombeamento de concreto, já para argamassa e chapisco a máquina se encontra em reais condições de uso e tem tudo para que seja uma inovação no mercado de trabalho, sendo a pioneira a realizar três tipos de aplicação em apenas um equipamento, sendo eles o concreto, argamassa e chapisco, com a facilidade de apenas mudar os terminais para realizar uma das funções.

Podemos também notar a rapidez e facilidade de manuseio do equipamento, garantindo uma boa aplicação e também um custo de fabricação muito pequeno quando comparado a máquinas já existentes. Foi possível alcançar também a meta de construir esse equipamento com um custo mais baixo, fazendo com que uma classe mais baixa possa ter acesso a essa nova tecnologia, podendo ser utilizado em pequenas e grandes construções, garantindo um bom desempenho e rapidez para todos.

Referências

BAUER, L.A.Falcão. Materiais de construção. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2008. p.240-265.

BONAN, T.C. Dimensionamento e seleção de válvulas de segurança e alívio de pressão. Escola Politécnica, graduação em engenharia mecânica. Rio de Janeiro, 2016.

BRUNETTI, F. B. Mecânica dos Fluidos 2º edição. São Paulo: Editora Person, 2008.

EDITORA ON LINE. Manual prático e completo: Cuidados preliminares, projeto, acabamento, materiais, ferramentas e técnicas. 3º edição. São Paulo: Editora on line.

IENO, G.; NEGRO, L. Termodinâmica. 2ºedição. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2004.

MENDES, M.V.A.S.; BAUER, E.; SILVA, F. G. S. Revista Matéria, v.22, n.4, p.1-25, 2017.

NETTO, A.N. Manual de hidráulica. 8º edição. Editora Blucher, 1998.

PARKER, H. P. Tecnologia Pneumática Industrial. Jacareí SP, 195 pág.

SENAI-SP. Sistemas pneumáticos. 1º edição. Escola SENAI “Almirante Tamandaré”, 2006.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. Vasos de pressão. 2ª. ed. Rio de Janeiro: LTC. 2013.

Projeto e desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC.

Project and development of a machine miller CNC.

Afonso soliari¹
Caio César Rodrigues²
Matheus de Lima Lucas Mariano³
Rafael Rodrigues Scavassa⁴
Ravachio Ferreira⁵
Prof. Eng. Daniel Lucas de Oliveira⁶

Resumo

O presente projeto apresenta o desenvolvimento de uma máquina fresadora CNC, que parte de um sistema automatizado que proporciona alta precisão e melhorias na segurança do processo. As inovações tecnológicas na área da automação promovem grandes avanços nas indústrias, abrindo espaços para que tecnologias alternativas e de custos reduzidos sejam introduzidas no mercado. O projeto apresenta uma alternativa de fresadora de pequeno porte, com custo abaixo das máquinas industriais, projetada para trabalhos realizados em madeira, visando a construção de uma máquina leve, resistente e compacta. As escolhas da matéria prima e componentes partem de pesquisas e análises das características desejáveis, custo de aquisição e desenvolvimento de uma interface computacional que interage com os sistemas mecânicos.

Palavras-chave: CNC, fresadora, madeira, máquina, usinagem

1 Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP

2 Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP

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

5 Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP

6 Engenheiro Mecânico, graduado pelo UniSalesiano Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP

Abstract

The current project presents the development of a CNC milling machine, which is based on an automated system that provides high accuracy and safety improvements. The technical innovations on the automation area provides great advances to the industries, making it possible for alternative technologies and low expenses to be introduced to the market. The product presents an alternative of small-sized milling machine, with expenses lower than industrial machines, projected to work performed on wood, aiming the construction of a light, resistant and compact machine. The raw material and component choices start from researchs and analysis of buying cost; development of a computational interface which is able to interact with the mechanical systems and willing features.

Key words: CNC, machine, machining, miller machine, wood

Introdução

As fresadoras são máquinas ferramenta muito utilizadas em processos de usinagem, tendo como finalidade a retirada de excesso de material, dando a forma ideal e acabamento necessário às peças usinadas. As máquinas fresadoras possuem movimento rotacional, que permite o movimento da peça de trabalho em três ou mais eixos, tanto eixos lineares quanto rotatórios. A execução de peças prismáticas é feita através das arestas cortantes da ferramenta de corte, chamadas de fresa, que por sua vez tem movimento rotacional uniforme.

As inovações tecnológicas nas áreas da mecânica e automação industrial promovem grandes avanços na indústria, aperfeiçoando métodos de produção e condições de trabalho. Máquinas ferramentas com sistemas de Controle Numérico Computadorizado agilizam os processos de produção, aumentando a capacidade de produção de diferentes produtos finais, com melhorias comprovadas na qualidade do produto final. [1]

O processo de fresamento em madeira é muito utilizado no Brasil no ramo das indústrias moveleiras, onde a utilização da tecnologia CNC é aplicada em processos que exigem melhor precisão e acabamento de peças personalizadas. A utilização de tal tecnologia flexibiliza as linhas de produção, modernizando e potencializando os

recursos existentes na área, viabilizando novos recursos nas empresas do ramo.

[2] (BIANCHI, 1996)

O processo da Máquina fresadora CNC parte de um sistema automatizado que proporciona alta precisão aliada a um bom acabamento de corte reduzindo ou eliminando etapas posteriores de usinagem para adequação de dimensões, modelagem, retirada de arestas, cantos e rebarbas da peça. A ideia de investir em Máquina fresadora CNC é justificada pela possibilidade de produzir diversos modelos de peças com precisão e qualidade.

O objetivo do presente trabalho é a projeção e construção de uma máquina fresadora CNC de pequeno porte, com intuito produtivo, tendo por finalidade realizar desbastes em madeiras utilizando a ferramenta de corte fresa, acionada através de um motor spindle. O projeto foi desenvolvido a partir da forma estrutural da máquina, definindo componentes mecânicos, softwares e eletrônicos, levando em consideração a qualidade e o custo-benefício em cada escolha.

A máquina desenvolvida no presente projeto tem como propósito a fabricação de quadros de madeira como produto final, a produção realizada é idealizada e programada através de softwares computacionais, que através de uma interface interage com os sistemas mecânicos e finaliza suas peças de forma ágil e precisa.

Materiais e métodos

O fresamento em madeira envolve ferramentas de corte do tipo laminadora, que realiza desbastes que podem ser realizados tanto no topo quanto na lateral da peça a ser cortada. A orientação de corte (Figura 7) depende do formato desejado, podendo realizar não apenas o corte mas também o aplainamento, dando o acabamento necessário. Um critério indispensável para definição da orientação da ferramenta é identificar o sentido correto do veio da madeira, e a partir deste aspecto é possível definir corretamente a forma de trabalho ideal da ferramenta.

[2]

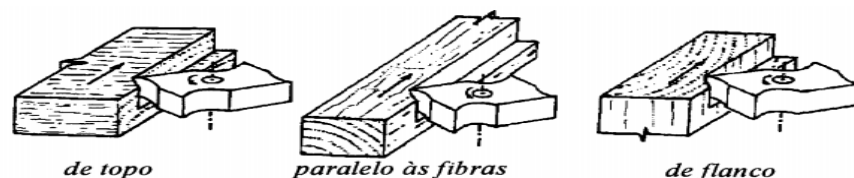


Figura 1 – Orientações de corte da ferramenta de acordo com o sentido do veio da madeira. Fonte: Bianchi – 1996

A definição dos componentes mecânicos é feita relacionando o trabalho efetuado em madeiras. O acionamento dos eixos-árvore é realizado por motores que devem estar de acordo com o material a ser usinado, dimensionados de acordo com a variação de velocidade ideal de trabalho da ferramenta de corte. [2]

Optou-se pela escolha de um material com facilidade nos processos de usinagem, como cortes e furações, além do material apresentar uma boa relação entre sua resistência e seu peso. Foi determinada a utilização do alumínio (Tabela 1), que tem como principal característica a leveza. O peso específico do alumínio é cerca de $2,70 \text{ g/cm}^3$, o que representa aproximadamente 35% do peso do aço. O peso interfere diretamente no dimensionamento dos motores de passo e na movimentação e transporte da máquina. [3]

Tabela 1 – Propriedades físicas típicas do alumínio.

Propriedades físicas típicas	Alumínio
Densidade (g/cm^3)	2,70
Temperatura de fusão ($^{\circ}\text{C}$)	660
Módulo de elasticidade (MPa)	70000
Coefficiente de dilatação térmica ($\text{L}/^{\circ}\text{C}$)	23.10-6
Condutibilidade térmica a 25°C ($\text{Cal}/\text{cm}/^{\circ}\text{C}$)	0,53
Condutibilidade elétrica (%IACS)	61

Fonte: Abal – 2007.

Além dos critérios de peso, o alumínio possui elevada resistência a corrosão, apresentando uma camada protetora de óxido. O fato do alumínio ser totalmente reciclável é mais um trunfo na escolha deste material, compreendendo-se a

necessidade da conscientização ecológica e a importância que a engenharia exerce na preservação ambiental. As peças estruturais passaram por processos de corte e furação e foram dispostas conforme demonstrado na figura 2. [3]

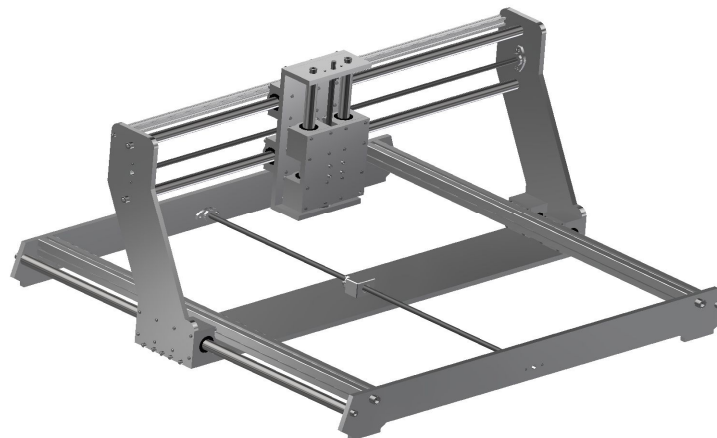


Figura 2 – Estrutura da máquina fresadora CNC projetada em alumínio. Fonte: Próprio Autor.

Além da estruturação da máquina, foi desenvolvido um sistema de movimentação dos eixos. Os rolamentos lineares de esferas, também conhecidos como Pillow block demonstrado na figura 3, possuem mancais para fixação já acoplados ao rolamento, que viabilizam a movimentação da estrutura através dos fusos de esfera. As principais características destes rolamentos são o fornecimento de alta resistência e rigidez, além de serem leves. Com o baixo peso, as forças de inércia causadas pela aceleração são mínimas, exigindo pouco esforço dos motores de passo.



Figura 3 – Rolamento de esfera linear utilizado no projeto. Fonte: Próprio Autor.

Os fusos de esfera são basicamente barras cilíndricas rosqueadas, com função de limitar o movimento de rotação através de sua cabeça. Seu princípio de funcionamento baseia-se em um parafuso sendo rosqueado por uma porca, viabilizando a movimentação pelos eixos da máquina. Esse tipo de fuso aumenta a eficiência do sistema, pois permite a conversão do movimento de rotação gerado em movimento de translação, e vice e versa, utilizando um conjunto de acionamento que contem esferas como elemento de giro. O fuso de esfera utilizado no projeto é o modelo SFU1204 (Figura 4), que tem como especificação 12 mm de diâmetro e 4 mm de passo. [4]



Figura 4 – Fuso de esfera SFU1204. Fonte: Próprio Autor.

A fixação dos fusos de esfera na máquina se faz viável através da utilização de suportes próprios para este tipo de componentes (Figura 5). Sua finalidade é auxiliar na fixação do flange das castanhas SFU1204, possuindo quatro furos que permitem a fixação do fuso na estrutura da máquina, com o auxílio de parafusos.



Figura 5 – Suporte para fuso de esfera. Fonte: Próprio Autor.

Os eixos lineares projetados são fabricados com a usinagem de vergalhões de alumínio, e aço 1045 com diferentes comprimentos. Além dos eixos, também foi

projetado um suporte para a ferramenta de corte, acoplado nos rolamentos de esfera que fazem a movimentação através dos fusos. Este sistema permite a movimentação nos eixos Y e Z, complementando os graus de liberdade necessários para o trabalho de uma máquina fresadora CNC.

Para escolha dos mancais, é necessária a análise de qual o dimensionamento necessário para acoplamento no protótipo. O aspecto mais importante é a função de eliminar todos os graus de liberdade com exceção da rotação de eixo. Para viabilizar o acoplamento dos fusos de esferas nas estruturas, foram escolhidos os mancais fuso para eixo com rolamento demonstrado na figura 6. [5]



Figura 6 – Mancais fuso para eixo com rolamento. Fonte: Próprio Autor.

No desenvolvimento desse projeto optou-se por usar o acoplamento fixo (figura 7), que serve para unir os eixos dos motores de forma como se fossem uma única peça, ele tem como função a união de dois eixos, a compensação dos desalinhamentos, absorção de choques e vibrações e a transmissão de torque.



Figura 7 – Acoplamentos fixos utilizados no projeto. Fonte: Próprio autor.

O movimento de rotação aplicado a ferramenta de trabalho é feito por um motor Spindle Cnc Router Fresa (Figura 8), que opera com rotação de 3000 a 12000 rpm. A fixação do spindle se faz viável através da utilização de um suporte próprio de

alumínio com 52mm de diâmetro, e conta com quatro parafusos para fixação, sendo uma das suas extremidades rasgada para dar o aperto e fixação do motor.



Figura 8 – Motor Spindle CNC router fresa. Fonte: Próprio autor.

A utilização da ferramenta de corte é viabilizada através da adaptação que viabiliza acoplar a fresa no corpo da máquina. Esta adaptação deve apresentar um perfeito alinhamento da lâmina junto ao corpo. [2]

O protetor representado na Figura 8 tem como finalidade evitar o espalhamento de cavacos durante a usinagem da peça e também proteger o operador do contato com a fresa. A peça conta com uma saída para acoplamento de um aspirador para a sucção de cavacos, sistema desenvolvido pelos autores do projeto.

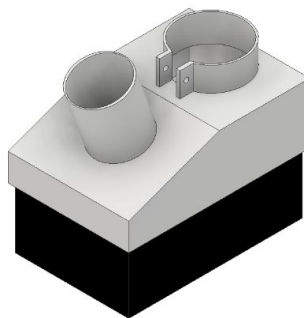


Figura 9 – Protetor desenvolvido e copo do aspirador. Fonte: Próprio autor.

O motor de passo tem como função a conversão de energia elétrica em energia mecânica, transformando impulsos elétricos em movimento mecânico discreto. O passo é um movimento angular discreto elementar, proveniente de um chaveamento da corrente nos enrolamentos do motor. Sua utilização em projetos com CNC se faz viável devido a características que viabilizam sistemas posicionadores com boa precisão e velocidade. [6] (CAMARGO

No presente projeto, o motor de passo tem como função o controle da movimentação da ferramenta de corte nos eixos X, Y e Z. Tal controle é realizado através da programação de drivers e a utilização de softwares computacionais. Para escolha do motor de passo ideal, são analisadas diversas variáveis, como a tensão nominal do motor, a corrente máxima que ele atinge, o passo, o tipo de motor de passo, além do dimensionamento correto do gráfico que relaciona a velocidade e o torque exercidos. Foram utilizados três motores Nema, um para cada eixo (X, Y, Z). [6]

Automação

A modelagem digital encontrada em sistemas computacionais viabiliza a transferência do modelo de um produto elaborado graficamente para a máquina sem nenhuma intervenção humana no trabalho mecânico realizado. Este tipo de transferência é essencial para melhorias dos sistemas produtivos, elevando os índices de segurança em máquinas industriais. [7]

Para fazer a conexão entre o computador e a máquina CNC, foi instalada uma placa de interface controladora via porta USB, para Software Mach3. Esta placa contém saída para 4 motores sendo eles para o motor do eixo X, Y, Z e A, 4 saídas liga/desliga, para motor spindle, reles e etc, 4 entradas fins de cursos (homes, E-stop, sensores e etc), 1 saída PWN de 0 – 10 V, para controle de velocidade da spindle e 1 saída para HardWheel, gerador de pulso e etc, essa placa é compatível com o Microsoft Windows.



Figura 10 – Placa de interface controladora via porta USB, para Software Mach3. Fonte: Próprio autor.

Além da placa, foram utilizados três Módulos Driver para Motor de Passo TB6600 de 0,2A a 4A. Este tipo de driver é de fácil programação e é capaz de conduzir um motor de passo híbrido de duas ou quatro fases, tendo uma ampla gama de entrada de energia, 9 ~ 42VDC e é capaz de produzir corrente de pico de 4A, o que é suficiente para a maioria dos motores. O driver de passo suporta controle de velocidade e direção. Você pode ajustar seu micro passo e corrente de saída com 6 chaves DIP. Existem 7 tipos de micro etapas (1, 2 / A, 2 / B, 4, 8, 16, 32) e 8 tipos de controle de corrente (0.5A, 1A, 1.5A, 2A, 2.5A, 2.8A, 3.0 A, 3.5A).



Figura 11 – Módulos Driver para Motor de Passo TB6. Fonte: Próprio autor.

Para programação do controle numérico, foi utilizado o software MACH3 fornecido pela empresa chamada Artsoft. Uma das configurações principais do MACH3 é a configuração da porta paralela dentro do software ela possui seu respectivo endereço dentro do Windows que devem ser respeitados, o endereço de uma porta paralela padrão dentro do Windows é: 0x378, conforme demonstrado na figura 12.

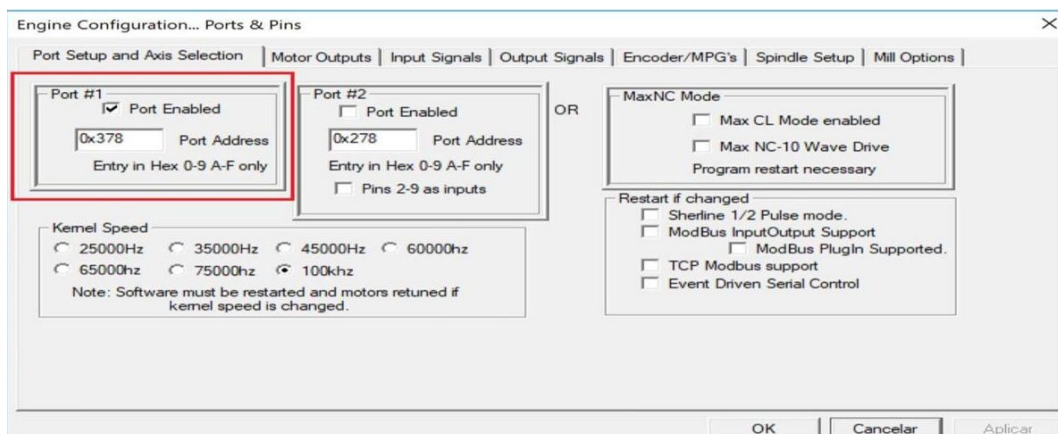


Figura 12 – Tela de configuração porta paralela MACH3. Fonte: Próprio autor.

Após configurada corretamente a porta paralela, é inserida a configuração dos pinos de saída porta que também precisa ser configurada dentro do software. Esta configuração deve ser feita corretamente para garantir que os motores sejam direcionados nas rotações corretas, de acordo com as configurações citadas pelo fabricante da placa controladora a ser usada em nosso caso a interface opto isoladora USB, modelo R08. A tela de programação dos pinos de saída está representada na figura 13.

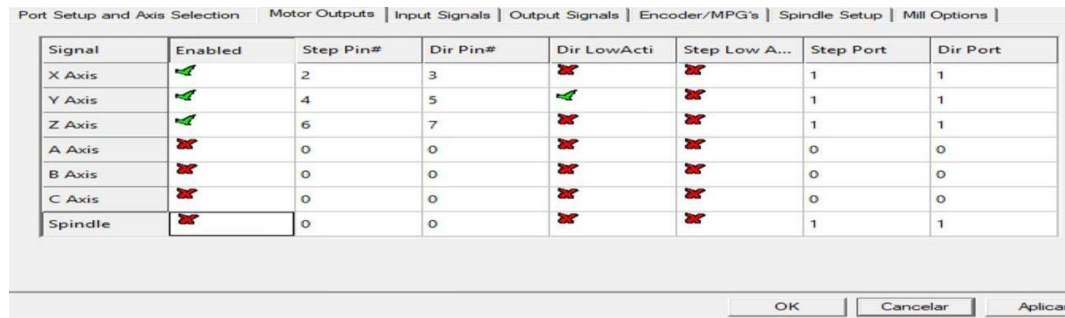


Figura 13 – Tela configuração de pinos porta paralela MACH3. Fonte: Próprio autor.

Depois de definidos os pinos de saída, altera-se configurações dos inputs, que são os sinais que a placa recebe (entrada de sinal), o input2 será o botão Cycle Start, o input3 será o botão Feed Hold e o input4 será o Stop, e também o botão de emergência (E-Stop), também de acordo com a configuração da placa controladora.

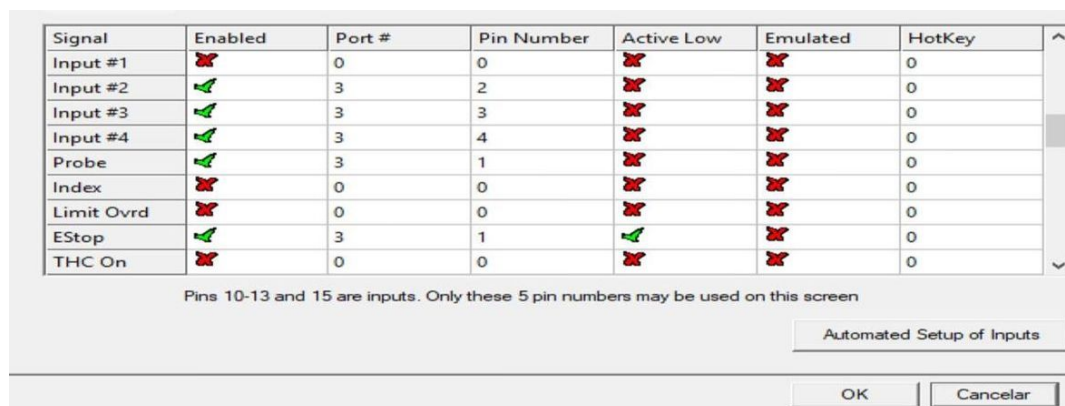


Figura 14 – Tela de configuração dos inputs do programa Mach3. Fonte: Próprio autor.

Depois dos inputs, é necessária a configuração da OEM, que será responsável na leitura do programa, que interpretará o comando executado quando se clica nos botões que estão ligados no input, e está demonstrado na figura 15.

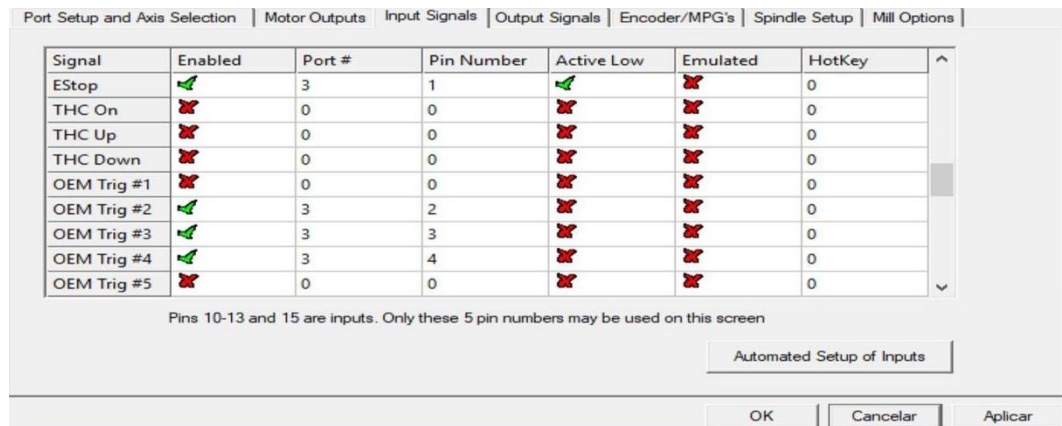


Figura 15 – Tela de configuração do OEM MACH3. Fonte: Próprio autor.

Para concluir a configuração dos botões externos são inseridos os códigos OEM, o OEM Trig#2 é responsável pelo botão Cycle Start, e seu código OEM será 1000, para Trig#3 que será responsável pelo botão Feed Hold, seu código OEM será e por fim para o Trig#4 que será responsável pelo botão Stop, seu código OEM será 1003.

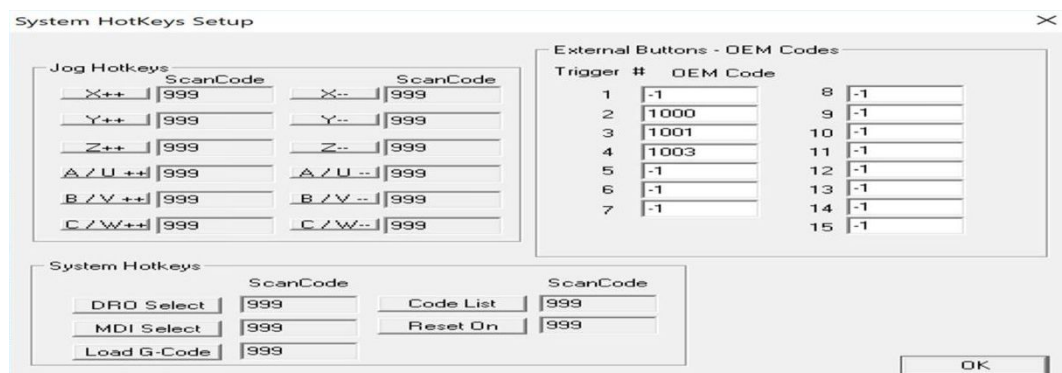


Figura 16 – Tela de continuação para configuração do OEM MACH3. Fonte: Próprio autor.

Depois de definidos os pinos de saída e botões externos da máquina, realiza-se as configurações de motores em relação a passos por milímetro, largura de pulsos e rampas de aceleração sendo que cada eixo pode ser configurado de maneira diferente possibilitando a total personalização de cada eixo do equipamento separado. A figura 17 demonstra a tela de configuração do eixo X.

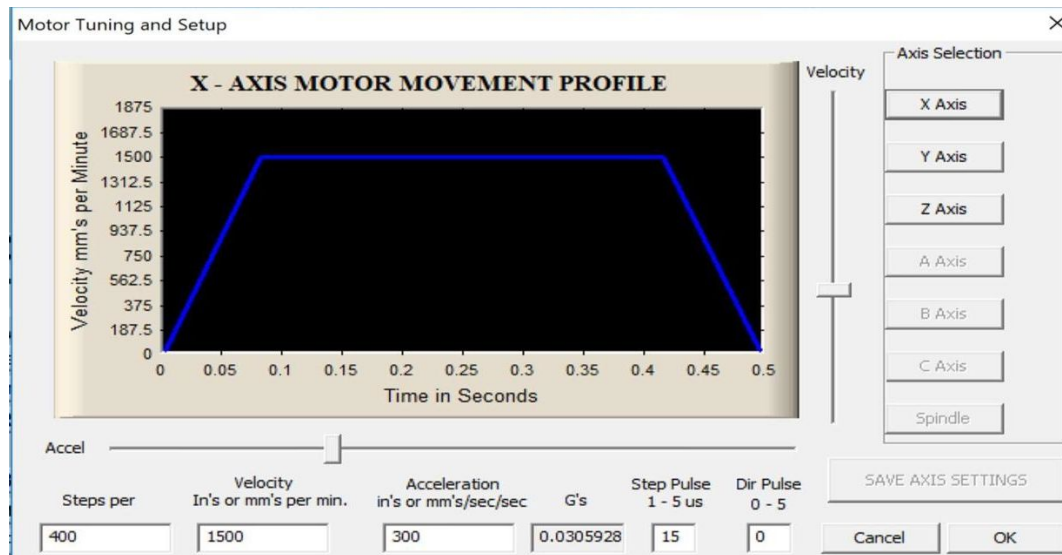


Figura 17 – Tela de configuração do movimento no eixo X no MACH3. Fonte: Próprio autor.

Resultados e discussões

A montagem dos componentes mecânicos (Figura 18) apresentou resultados satisfatórios, com baixo índice de vibração e sem interferência no trabalho de usinagem da máquina. Todos os componentes estruturais foram fixados conforme o projeto, com alinhamento adequado permitindo movimentos suaves em todos os eixos. Os sistemas de transmissão e movimentação demonstraram boa eficiência, com livre deslocamento de todos os componentes nos três eixos (X, Y, Z), sem interrupções no funcionamento da máquina.

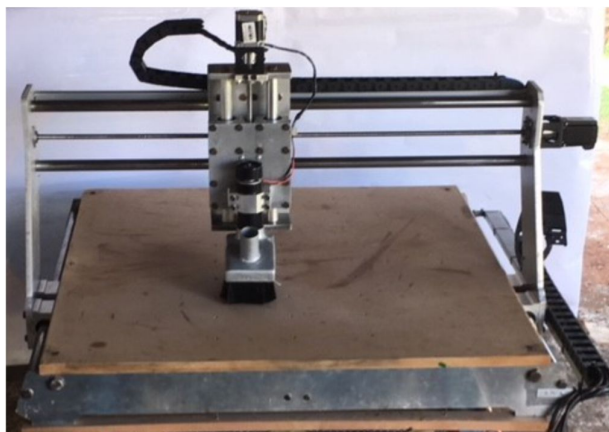


Figura 18 – Foto da estrutura da máquina após a montagem. Fonte: Próprio autor.

Após testes realizados, os eixos não apresentaram desgastes ou deformações aparentes, comprovando a viabilidade do material utilizado. A utilização do alumínio na estrutura da máquina reduziu o peso da máquina, facilitando possíveis deslocamentos. O peso reduzido diminuiu o torque necessário dos motores de passo.

O acionamento e desligamento da máquina podem ser realizados de forma manual através de botões no painel de controle ou através do software de operação (Figura 19). O ponto zero é determinado através do posicionamento manual da ferramenta de corte. O acionamento do motor spindle e o controle de rotação do corte também são executados manualmente no painel de controle. Todos os outros comandos de acionamento e movimentação são realizados através da interface computacional, através da leitura do código G inserido no programa.



Figura 19 – Foto da estrutura da máquina após a montagem. Fonte: Próprio autor.

A programação inserida no software mostrou-se eficiente, executando corretamente a movimentação programada. A interação entre as interfaces computacionais e físicas ocorreu dentro do esperado, realizando de forma precisa a usinagem no material.

Considerações finais

Analisando o produto final após a usinagem, os resultados obtidos foram satisfatórios, porém não foram os idealizados inicialmente. Os ajustes exigidos pela máquina e as limitações impostas pelos drivers e placa reduziram a produtividade da máquina.

Embora a produtividade não tenha alcançado os parâmetros previstos inicialmente, outros objetivos foram alcançados, principalmente na criação de interfaces funcionais e funcionamento de todos os sistemas projetados para a máquina. A usinagem final apresentou resultados satisfatórios, como acabamento e precisão.

Comparando o custo de investimento com máquinas industriais de grande porte, o projeto mostrou-se viável como alternativa para trabalhos com menores escalas de produção, com menor custo final.

Referências

1.SILVEIRA, Ricardo Cesar Alves. Desenvolvimento de equipamento mecânico com controle numérico computadorizado para produção de protótipos em escala. 2007. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

2.BIANCHI, Kleber E. Concepção de uma máquina CNC para medição e usinagem de peças em madeira. 1996. Dissertação (Obtenção do grau de mestre em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

3.ABAL, Associação Brasileira do Alumínio. Características químicas e físicas. Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas>> Acesso em: 31 de maio 2018.

4.LYRA, Pablo V. A. Desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC Didática. 2010. Relatório (Obtenção do grau em Engenharia Mecatrônica), Universidade de Brasília, Brasília.

5.FACHIM, Alan. Projeto de Fresadora CNC com Plataforma Livre Arduino. 2013. Projeto (Trabalho de conclusão em Engenharia de controle e automação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

6.CAMARGO, Luiz F. S. Mesa de coordenadas xy para aplicação em microengenharia com CNC : projeto e analise. 1988. Dissertação (Obtenção do grau de mestre em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

7.COSTA, Dalberto D. de; PEREIRA, Athos G. Desenvolvimento e avaliação de uma tecnologia de baixo custo para programação CNC em pequenas empresas. 2006. Produção, v. 16, n. 1, p. 048-063.

Melhorias técnicas e econômicas em uma válvula borboleta

Technical and economic improvements in a butterfly valve

Eduardo Carnavali Pierini¹
Gabriel Souza Guimarães de Mello²
Rogério Caetano de Oliveira³
Prof. MSC. Norberto Januário Pereira⁴
Eng. Cleder Amarildo Ribeiro⁵

Resumo

Este trabalho tem como objetivo atualizações técnicas e melhorias de operação com redução de custos na fabricação de uma válvula borboleta de 6 polegadas, estas mudanças buscam melhorar a qualidade do projeto. Para a realização do projeto de melhoria foram utilizadas ferramentas auxiliares de cálculo (*Software Inventor*), testes práticos de vedação, foram utilizados, também, equipamentos como manômetros de pressão, relógio comparador e bancada para testes. A partir dos testes, foram obtidos resultados satisfatórios, o que tornou viável a melhoria proposta.

Palavras-chave: Válvula, Processo industrial, empresa, válvula borboleta, melhoria, redução de custo.

¹Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, dudu.carnavale@hotmail.com

²Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, gabrielsgmello@gmail.com

³Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, caetano.rogerio2016@bol.com.br

⁴Engenheiro Mecânica pela FEI. Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, norba.januario@gmail.com

⁵Engenheiro Mecânico pela UNIP. Coordenador de engenharia na Zanardo Válvulas Araçatuba – SP, cleder@zanardo.com.br

Abstract

This work aims at technical upgrades and operation improvements with cost savings in the manufacture of a 6-inch butterfly valve, these changes seek to improve the Project quality. For the realization of the improvement Project were used ancillary tools of calculation (Software Inventor), practical tests on-site, and equipments like pressure gauges, dial indicator and bench for testing. Based on the tests, satisfactory results were obtained, which made feasible the proposed improvement.

Key words: Valve, industrial process, company, butterfly valve, improvement, cost reduction.

Introdução

As válvulas são equipamentos extremamente importantes em qualquer indústria ou até mesmo residência. Elas podem ser definidas como dispositivos que têm finalidade de regular ou bloquear fluxo de fluidos, líquido ou gases, permitindo ou barrando sua passagem em uma tubulação.

Atualmente, existem dois tipos de válvulas (controle ou bloqueio e direcionais), e, em cada tipo, existem diversos subtipos, cuja escolha não depende apenas da natureza da operação a realizar, mas também das propriedades físicas e químicas dos fluidos, sempre levando em consideração a pressão e temperatura na qual a válvula será submetida na sua operação, bem como a forma de acionamento desejada.

A função primária das válvulas de bloqueio é de bloquear a passagem do fluido, de modo que estanque quando fechada e, quando aberta, cause a menor restrição de fluxo possível. Neste grupo estão as válvulas denominadas gaveta, macho, globo, esfera, agulha, guilhotina e borboleta.

Neste trabalho, foram analisados os defeitos e custos de uma válvula borboleta, da marca Zanardo, modelo Série 200, cujo diâmetro possui seis polegadas, encontradas no mercado há mais de 17 anos, entretanto vem perdendo espaço por conta de custos.

A válvula foi projetada originalmente para controle de líquidos e gases, exceto vapor. Sua estrutura consiste em um corpo monobloco acoplado de uma vedação de borracha (EPDM), um disco, eixos superior e inferior e um acionamento.

Os tipos de acionamento comumente utilizados são manuais (alavanca e caixa redutora), elétrico e pneumático como mostra a figura 1, o qual deve ser definido em projeto, ou até mesmo de acordo com a escolha do cliente.

Neste projeto, realizado a pedido da engenharia de aplicação da Zanardo, foram realizadas algumas mudanças, com o intuito de melhorar alguns defeitos encontrados ao longo do tempo, mantendo a qualidade, contudo visando reduzir custos de fabricação, consequentemente reduzir o custo final de venda.



Figura 1 – Válvula Borboleta S208 com atuador pneumático . Fonte: Próprio Autor.

Material e Método

A metodologia tem como função informar o direcionamento da pesquisa proporcionando referências ao pesquisador sobre novos olhares e hipóteses referente ao assunto pesquisado.

Neste trabalho o método a ser utilizado é o de pesquisa experimental, pois o trabalho foi desenvolvido através de cálculos que utilizam variáveis obtidas em testes práticos para comprovar a validação do projeto final. O conhecimento empírico sobre o tema foi relacionado a este trabalho como forma explicativa, que tende a aumentar as generalizações e definir novos caminhos para se chegar à conclusão, aprofundando conhecimentos que está próximo a realidade.

No decorrer dos estudos de equipamentos para modificar o curso de fluidos em seu trajeto foi constatado que as peças desses equipamentos precisam atender as normas regulamentadoras, conforme a NR-13, que assegura funcionários das empresas onde estão instalados esses equipamentos considerados vasos de pressão para que não ocorram riscos na linha de produção e acidentes.

Neste projeto, foi executado pré-teste antes da fabricação final do novo corpo da válvula. Para a fabricação da nova estrutura da válvula, máquinas e ferramentas como centro de usinagem CNC, fresadora, furadeira de bancada, desandadores entre outros. Cada peça é feita a partir de processos e máquinas diferentes, o corpo é fabricado a partir do ferro fundido nodular GGG-40 DIN 1693, o disco é fundido a partir do material ASTM A351 GR CF8. O eixo é fabricado em base de uma barra cilíndrica de 3/4POL de Aço Inoxidável ASTM A276 TP 410, e passa por processo de usinagem para sua utilização na válvula.

Os elemento de vedação e juntas são alterados conforme as necessidades do cliente e o emprego da válvula. A vedação pode ser em EPDM, Hypalon, SBR, Viton entre outros elastômetros.

Os trava disco (bujão) e as barras trefiladas são feitos de material Aço Inoxidável ASTM A276 TP 410, assim como o eixo.

COMPONENTES



Figura 2 –Explosão de Componentes da Válvula Borboleta S208. Fonte: Próprio Autor.

1 - Corpo Válvula Borboleta Ø 6POL- Material de Composição: O material utilizado para fabricação do corpo é o ferro nodular GGG-40 DIN 1693, foi baseada em seu custo relativo de fabricação e propriedades físicas e químicas.

Função: O corpo da válvula é sua matriz, onde todos os demais componentes são acoplados e presos entre flanges em sua execução.

2 - Disco Ø 6POL - Material de Composição: O Disco pode ser usinado por diversos materiais, nesta válvula em estudo o material usado foi o aço inox, pois é um material mais resistente em relação a calor e torção e impactos que podem existir em sua ação.

O disco é rotacionado sobre um único eixo, perpendicular ao diâmetro de um corpo cilíndrico e é preso ao eixo por uma barra redonda trefilada. O eixo que possuem a função de guiar e acionar o disco que através do eixo é fixado ao corpo da válvula.

Função: Operar no estancamento ou liberação de fluidos e gases. Sua vedação é de EPDM que trabalha entre flanges.

3 - Vedação - Material de Composição: EPDM com alma de aço, por maior índice de vedação e melhor manuseio para fabricação.

Função: Fixa-se em torno do disco com a função de estancar a passagem de um fluido quando a válvula está em sua posição de acionamento fechada, a sua alma de aço é uma estrutura de aço que vai dentro da vedação impedindo que a vedação sofra torções ou perca seu diâmetro padrão de fabricação e proporcionando uma melhor vedação.

4 - Eixo - Material de composição: Inox. Em formato cilíndrico o material escolhido por ser fácil de usinar, resistente ao calor, e eventuais desgastes e torções.

Função: O eixo tem a função de fazer o acionamento do disco na válvula, percorrendo todo o corpo verticalmente na válvula fazendo-o abrir ou fechar, ele liga a válvula em seu acionamento, também é fixo no disco que gira no corpo da válvula.

5 -Trava Disco (Bujão) Inox – feito de inox 304 NPT 1/4” – DIN 906

Função: Este serve para fixar o disco ao eixo, seu formato circular tem melhor facilidade em ser substituído e gera uma menor folga entre a fixação do disco com o eixo.

6 – Anel O’ring – Material de composição: Borracha nitrílica, por ser um material com baixo nível de desgaste e fácil substituição.

Função: É utilizado para vedação da haste com o corpo criando um selo na interface

Atuador eletropneumático com posicionador e solenoide para controle e acionamento da válvula.

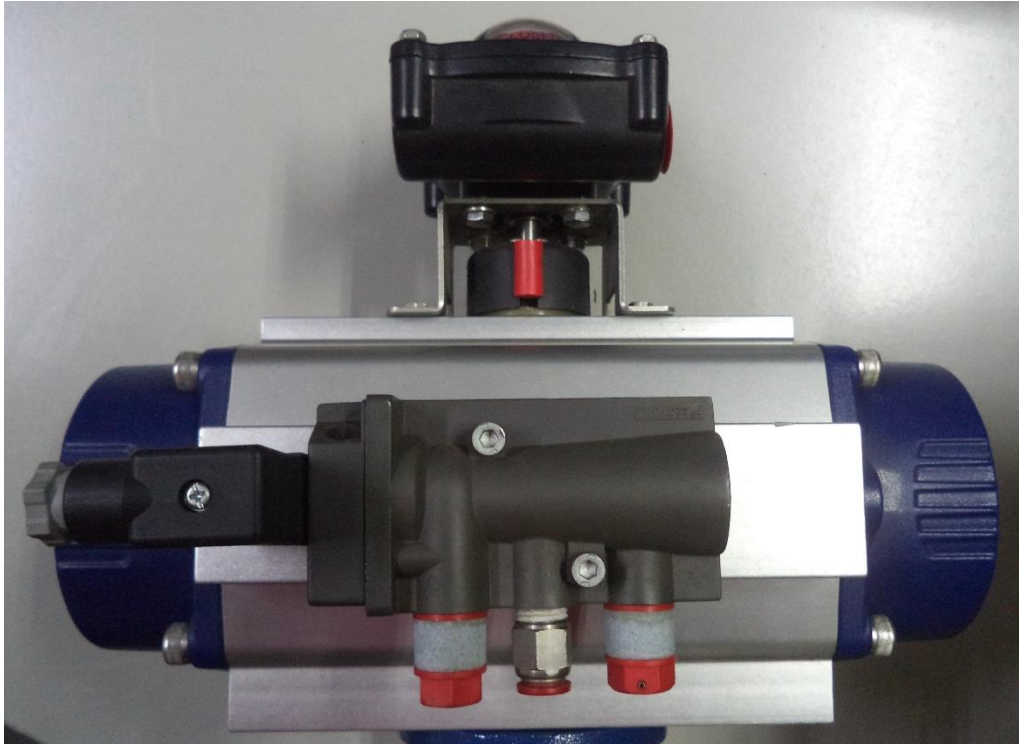


Figura 3 –Atuador ACT-200 utilizado no projeto Válvula Borboleta S208. Fonte:Autores.

Marca: Actreg

Modelo: ACT - 200

Tipo ASR : Simples ação.

Torque 150Nm.

Corpo de alumínio anodizado duro.

Porcas, arruelas e parafusos em aço inoxidável.

Temperatura de funcionamento: -30° C a 100° C em construção standard.

Pressão máxima de funcionamento: 5 BAR.

Abertura em milissegundos de 0 a 90°: 900 ms.

Fechamento em milissegundos de 0 a 90°: 1100 ms.

Interruptor Mecânico Modelo: APL 210N

Solenoide Modelo: MSFW-230

Filtro Regulador Modelo: AFR-200

Contator Auxiliar Modelo: CHINT JZC-2

Discussão

No desenvolvimento do projeto, percebemos que para a apuração dos problemas, seria necessário analisar uma serie de válvula.

Com o auxílio de pesquisa empírica, procedimento de cálculos, levantamento de hipóteses, e materiais obtidos, conseguiu que o desenvolvimento teórico fosse elaborado com mais rapidez e confiabilidade.

Os resultados apurados foram tão satisfatórios e motivadores para nosso grupo e para a empresa de válvulas que ao apresentarmos o material sobre a válvula estudada, nos conceberam total credibilidade e apoio para a elaboração das pesquisas prática.

Através de testes e análises críticas auxiliados por profissionais do setor consegui desenvolver uma série de mudanças benéficas para o melhor funcionamento da válvula borboleta de 6 Polegadas, cheguei a seguinte conclusão, modificações e melhorias.

- 1- Redução do peso em até 35,24%, conseguindo gerar economia no processo de fabricação como mostra a tabela 1.
- 2- Redução de áreas a receberem processo de usinagem no corpo S208.
- 3- Melhoria nas vedações adicionando uma alma de aço, conseguindo reduzindo a interferência na aplicação.
- 4- 20% de redução de preço de venda.

Tabela 1 – Resultados obtidos, diferença de peso entre as series S200 e S208.

Diamentro	Serie	Peso	Diferença em KG	Diferença em %
6"	S200	6.100 KG	2.150 KG	35,24%
	S208	3.950 KG		

Fonte: Próprio Autor.

Considerações Finais

Após vários estudos, sendo eles teóricos com auxílio de livros, artigos, e práticos por meio de testes e ensaios e até mesmo a própria bagagem acadêmica concluiu que nosso projeto é altamente viável, tanto no processo de produção da válvula escolhida, quanto na própria aplicação dentro da indústria.

A antiga válvula apresentava defeitos no disco e vazamentos pela vedação, isso acarretava manutenções precoces e também tomava tempo na linha de produção, uma situação não muito agradável dentro de uma indústria.

As mudanças foram criadas por necessidade de melhoria na válvula. A viabilização de nosso projeto se deu por satisfatória após a análise de três facetas, sendo elas:

Custo Benefício: Com as mudanças realizadas consegui obter menores custos de fabricação que a válvula antiga tanto em matérias primas quanto em manufatura, porém aumentando a qualidade de seus materiais e reduzindo o custo para o cliente.

Durabilidade e resistência: No que se diz respeito à durabilidade e resistência consegui números surpreendentes através dos ensaios de desgastes, a nova válvula teve um aumento em percentual de 70% menos desgastes em relação à antiga através das mudanças propostas em nosso projeto.

Aplicação satisfatória: Na aplicação nos setores industriais espero que haja uma grande aceitação, pois com a diminuição dos desgastes, redução de manutenções e custo reduzido nossa válvula se tornará muito competitiva no mercado atual.

Referências Bibliográficas

BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard E. **Fundamentos da Termodinâmica:** Tradução da 7. ed. americana (vários tradutores). São Paulo: Blucher, 2009. Título original: Fundamentals of thermodynamics.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

Portaria-MTE-594. **NR 13. CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES**
Disponível em: <(http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao /normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-13-caldeiras-vasos-de-pessao-e-tubulacoes)>. Brasília, 2014.

ZATTONI, CÉLIO CARLOS. **MATERIAIS PARA TUBULAÇÃO VÁLVULAS E ACESSÓRIOS VOLUME 3**.2005. ARTIGO - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO.

PRIMO, JURANDIR. **VALVULAS STANDARD INDUSTRIAIS**. Disponível em: <http://www.perse.com.br/novoprojetoperse/BSU_Data/Books/N1350928122856 /Amostra.pdf> Acesso em: 23 de Outubro 2018.

American Standard Of Mechanical Engineering. **ASME B16.34**. Valves Flanged, Threaded and Welding End. Nova Iorque, 2013.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API STANDARD 609**. Butterfly Valves: Double Flanged, Lug- and Wafer-Type.

Coleta de dados da pressão e temperatura de um biodigestor batelado com um supervisor

Pressure and temperature data collection of a batch biodigester with a supervisor

Lucas Henrique Viana ¹
Guilherme Augusto de Moura Chaves ¹
Vitor Matiussi Rustiquelli ¹
Izaías Vieira Almeida ¹
Rayanne Caroline Adi dos Santos Ribeiro ¹
Paulo Sérgio Barbosa dos Santos ²

Resumo

O biodigestor é uma das alternativas mais sustentáveis para a destinação de dejetos, com o adendo da geração de energia através do biogás. Entretanto este processo tem alguns fatores influenciadores, como pressão e temperatura, o conhecimento destes dados é fundamental para realização de melhorias. Este artigo tem como objetivo coletar dados de temperatura e pressão ao longo do processo de biodigestão. Para isto será utilizado os dados das variáveis coletadas e armazenadas através de um software, com a finalidade de criar gráficos. Observou-se que quatro fatores influenciaram o processo, são eles: Aumento da pressão devido a geração de biogás, sobrecarga orgânica, tempo de retenção, não adição de inóculos.

Palavras-chave: Biodigestor, Coleta de dados, Eletrônica, Supervisorio, Vinhaça.

Abstract

The biodigester is one of the most sustainable alternatives to the destination of waste, with the addendum of energy generation with biogas. However, this process has some influence factors, as pressure and temperature, the knowledge of this data it's essential to improvements. This article aims to collect the temperature and pressure data on the process of biodigestion. For this it will be used the data of the variables that was collected and stored by a software, with the finality of create graphics. It was noted that four factors influenced the process, are they: Increase of pressure given the biogas generation, organic overload, retention time, and non-utilization of inocula.

Key words: Biodigester, Data collection, Electronic, Supervisory, Vinasse.

Introdução

Desde o descobrimento da energia elétrica pelo filósofo Tales de Mileto, busca-se maneiras alternativas para sua geração. As crises mundiais de energia,

¹ Acadêmicos do curso de engenharia de controle e automação no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

² Engenheiro de controle e automação, mestre em engenharia mecânica pela UNESP. Docente dos cursos de engenharia do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, engpaulo.sbs@gmail.com

como a do petróleo em 1973, aceleraram essa busca, o que possibilitou novos e grandes investimentos e conseqüentemente novas maneiras de geração.

No Brasil, país de agricultura forte e grandes latifúndios, importantes maneiras de geração de energia se desenvolveram ligadas a problemas desta área, que é o caso dos biodigestores.

A biodigestão é o processo que ocorre dentro dos biodigestores, e é o objetivo para o qual foram criados, o produto da biodigestão é o biogás, formado em maior parte pelo metano, mas acompanhado também de outros gases como sulfeto de hidrogênio (PRATI, 2010).

A conexão entre a necessidade de tecnologias de geração de energia ligadas ao setor agrícola e os biodigestores se dá pelo fato da biomassa utilizada no processo estudado ser a vinhaça, subproduto gerado em enorme quantidade pelo processamento da cana-de-açúcar.

O processo de biodigestão é conduzido por bactérias, que geralmente tem três fases de trabalho relacionadas à temperatura, psicrófilos, onde a temperatura ideal para as bactérias é menor que 20 °C, mesófilos (de 20 à 45 °C) e termófilos acima de 45 °C (PINTO, 1999), este trabalho apresenta uma análise da temperatura real em um processo de biodigestão por bactérias mesófilas.

A pressão está intimamente conectada ao material escolhido para um determinado biodigestor, é muito importante conhecer estes dados para um equipamento seguro, e de bom funcionamento, pois deve ser levado em conta não somente para o cálculo da pressão sobre o material como um todo, mas também para conexões, mangueiras, circuitos e outros afins que podem estar conectados ao biodigestor.

Este trabalho tem como objetivo geral colher dados de temperatura e pressão no processo de biodigestão batelado com a utilização da vinhaça, para que sirvam de comparação para uma eventual otimização do processo, tendo em vista que estes dados são essenciais para a geração do biogás, subproduto da biodigestão, e que agrega valor substancial a vinhaça.

O descarte desapropriado da vinhaça pode causar contaminação do solo, nascentes de rios e afins (MARQUES, 2013), a biodigestão se coloca como uma alternativa altamente eficiente, pois transforma um produto que não tem valor agregado em dois subprodutos com melhor valor, o biofertilizante, rico em

minerais, e o biogás, que pode ser utilizado na geração de energia através da sua queima.

Materiais e métodos

O primeiro passo foi a escolha de qual tipo de tambor e materiais mecânicos seriam utilizados para construção do biodigestor, o tipo ideal de comunicação, os componentes eletrônicos, sensores e softwares para o biodigestor, os tópicos do projeto foram divididos em mecânica, eletrônica e supervisão.

Para o desenvolvimento mecânico, primeiramente foi selecionado um tambor, foram levados em conta os principais fatores para utilização do material, neste caso, polietileno do tipo PEAD, esse material é inerte a maioria dos produtos químicos comuns e não tóxico em condições normais. Os fatores analisados do PEAD foram: temperatura, pressão, pH, potencial de contaminação, e potencial de toxicidade (COUTINHO et al. 2003), para encontrar tais resultados foi feita uma revisão bibliográfica.

A saída do biogás é composta de alguns elementos hidráulicos, o primeiro é a flange de meia polegada, que foi inserida com uma inserção na tampa do tambor, feita através de uma broca serra-copo de meia 35 mm, após a flange, a saída é composta de um extensor de meia polegada, que tem como objetivo conectar a flange com um cotovelo, com a finalidade de converter a saída em noventa graus, o mesmo cotovelo é conectado a um extensor, em seguida um T, que resulta em duas saídas, para o filtro e para o registro.

A saída que resulta no registro, é constituída de outro extensor de meia polegada, ligado a um registro de esfera, utilizado para permitir ou não a saída do biogás gerado no sistema e um adaptador interno de meia polegada.

A saída que resulta no filtro é composta de outra extensão de meia polegada, uma luva de $\frac{3}{4}$, que é utilizada para aumentar o tamanho do cano de meia polegada para $\frac{3}{4}$ de polegada, e um adaptador interno para a ligação entre o filtro e o sistema.

O filtro de impurezas para o biogás, foi construído de uma forma simples e barata, usando palha de aço e uma garrafa pet de 400 ml, isso é essencial devido à segurança, pois o biogás contém sulfeto de hidrogênio (H_2S), um gás muito tóxico e

mal cheiroso que pode levar um ser humano a óbito, esse gás deve entrar em contato com a palha de aço, que irá enferrujar e eliminar o teor de (H_2S) da amostra (DIAS; SOUZA, 2014). É necessário trocar a palha de aço ao enferrujar periodicamente. A figura 1 mostra a saída do biogás com o filtro de impurezas.



Figura 1– Saída do biogás com filtro de impurezas.

Fonte: (Elaborado pelos autores).

Como o local em que o biodigestor ficara enterrado é sujeito à poeira, água, chuva e outros elementos, o circuito precisa ficar protegido destes agentes do meio com um quadro de distribuição de circuitos (QDC). A vedação necessária para este caso é a IP55 no qual é apropriada para proteção contra jatos d'água e contra poeiras (ABNT, 1980).

Os sensores de temperatura e pressão ficam instalados juntamente com o circuito, dentro do quadro de distribuição, porem para fazer a captação de dados de dentro do biodigestor é necessário que uma parte dos sensores fique dentro do mesmo. Para possibilitar esta captação foram feitas inserções, duas no quadro de distribuição e duas no biodigestor.

Como o quadro de distribuição e o biodigestor devem ser vedados, foram utilizados prensa cabos, de 1/4 de polegada para o sensor de temperatura e de 3/8 de polegada para o sensor de pressão, revestidos de silicone, e conectados a mangueiras, para poder captar a pressão e temperatura do biodigestor.

Para a montagem de todo circuito eletrônico do biodigestor, foi utilizado sensores, regulador de tensão, Crystal oscilador, Xbee e um microcontrolador.

O microcontrolador é um circuito integrado programável, e sua aplicação pode ser bem simples ou até industrial. Ele é basicamente um chip que em sua estrutura, contem memoria, sistemas de clock, portas de entrada e saída. A

principal vantagem observada no microcontrolador para a escolha final foi seu baixo custo, tamanho, praticidade, facilidade de desenvolvimento, manutenção e modificação. Além da compatibilidade com os sensores escolhidos para o projeto, para esse projeto foi utilizado o microcontrolador Atmega328p. Para seu funcionamento foi montado um regulador de tensão 7805 e um Crystal oscilador de 16 MHz.

Foi usado o sensor de pressão diferencial MPX5700DP, esse sensor trabalha de forma diferencial, e é ideal para medir a pressão de gases, ele pode fazer medição das pressões entre 0 kPa a 700 kPa (MOTOROLA INC, 2001).

Para a medição da temperatura do projeto, foi utilizado o sensor de temperatura DS18B20, ele é ideal para medir a temperatura em um ambiente úmido ou molhado, por ter uma ponta de aço inox é resistente a corrosão, esse sensor tem a faixa de temperatura de -55 °C a +125 °C com uma precisão de ± 0.5 °C entre -10 °C e +85 °C (MAXIM INTEGRATED, 2015).

Para a aquisição de dados, foi utilizado um XBee Pro conectado em um XBee Explorer USB Adapter, conectado no computador via cabo USB mini. Também utilizou-se um Xbee Pro conectado em um XBee Explorer USB Adapter instalado no circuito do biodigestor, enviando os dados dos sensores de pressão e temperatura para o supervisor.

A comunicação do supervisor com o circuito foi feito através de uma comunicação serial. O microcontrolador atmega328p utiliza a comunicação UART (que é habilitada na própria programação), com isso o envio de dados foi realizado por meio dos pinos RX e TX onde RX é para o recebimento de dados e TX para a transmissão de dados. Para efeitos de testes a comunicação padrão do atmega328p foi suficiente, mas para o projeto final não seria possível por causa da distancia entre o circuito e o computador, que poderia dar altos ruídos e perda de sinal, então a escolha foi fazer uma comunicação via radio com o Xbee, o que aumentou a confiabilidade do sinal.

Sabendo em qual porta serial se encontra o circuito, é só selecionar o tipo de PortCOM no Gerenciamento de Dispositivos. Como o projeto foi baseado para utilizar o Atmega328p da Atmel, e sabendo os tipos de dados que serão transferidos, a sua configuração padrão é Baud Rate igual 9600, Data Bits igual 8,

StopBits igual one e Parity igual None. Com esta configuração é só clicar no botão conectar que os dados já são transmitidos para o supervisor.

Os dados que foram recebidos foram divididos em 4 partes, pressão, temperatura, hora e data. A pressão e a temperatura são retiradas dos sensores que vão para o atmega328p e em seguida para o Xbee para assim chegar ao supervisor. Os valores da temperatura são enviados em 4 bits que não precisa ter conversão se for deixar em graus Celsius, pois a programação contém uma biblioteca do sensor de temperatura que já faz esta conversão. No caso do sensor de pressão, não foi utilizado nenhuma biblioteca, e para fazer a conversão dos bits que vão de 0 à 1023 foi utilizado uma fórmula que estava disponível pelo próprio fabricante. Esta fórmula foi colocada na programação do supervisor para que assim fossem apresentadas para o usuário, porém foi necessário ajuste. Segue abaixo a fórmula utilizada com a alteração necessária para conversão de bits do sensor de pressão.

$$P = \frac{b_{pres} * (\frac{5}{1024}) - 0.04}{0.0012858} \quad (1)$$

Onde:

$$P = \text{Pressão em kPa}$$

$$b_{pres} = \text{Bits de pressão enviados pelo circuito}$$

Os dados de hora e data foram retirados do instante em que se estava o computador, e colocados cronologicamente junto aos respectivos dados de temperatura e pressão.

Resultados e discussões

Os resultados e discussões deste projeto foram divididos em quatro etapas, que em sincronia com o objetivo específico forma uma ordem cronológica de apresentação. São as etapas: desenvolvimento mecânico; o circuito eletrônico; o desenvolvimento de um supervisor para representar as variáveis de temperatura e pressão em função do tempo; e por fim, análise dos dados coletados de temperatura e pressão.

A Tabela 1 mostra os resultados das pesquisas que levava em consideração as características durante o processo, as características do material usado e se atende ou não as especificidades necessárias quanto ao material PEAD.

Fator	Processo	Material	Especificidades
Pressão	De 2 à 4% da biomassa	Elasticidade entre 400 e 500 MPa	Atende
Temperatura	De 25 à 55 °C	Até 135 °C	Atende
Contaminação	Alto potencial de contaminação	Não contaminável	Atende
Toxicidade	Alto potencial tóxico	Não tóxico	Atende
pH	Entre 7 e 8	Não há relação	Atende

Tabela I - Detalhes do processo em relação ao material PEAD.

Fonte: (SHUBEITA, 2014; PINTO, 1999; COUTINHO, 2003).

Verificou-se com este trabalho, que o material PEAD aplicado na confecção deste biodigestor modelo batelada foi suficiente para atender o projeto.

Nesta pesquisa foi utilizado o tempo de retenção hidráulico de 30 dias, sendo que foram contabilizados dados de 25, não foram coletados em todos os dias dentro do período, por motivo de superaquecimento do computador, acarretando em desligamento da máquina e também houve perda de dados devido ao pouco espaço na memória RAM do computador utilizado que era de 4 gigabytes. Segue o gráfico 1 que expõem os pontos de coleta de dados de temperatura e pressão do biodigestor.

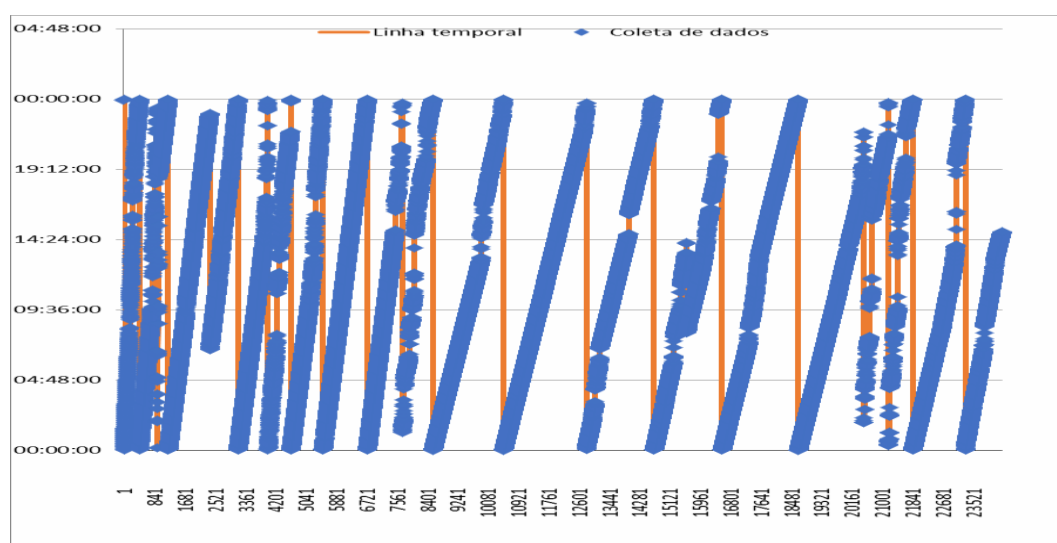


Gráfico 1 – Coleta de dados.

Fonte: (Elaborado pelos autores).

Foi analisado uma pequena geração de biogás, que pode ser percebida comparando a pressão inicial com a pressão final dentro do período de retenção hidráulico.

Foi percebido que o tempo de 30 dias não foi o suficiente para verificar o processo completo, os principais fatores para a não geração total de biogás neste biodigestor foram:

- **Tempo de retenção hidráulico (TRH)** - Para a vinhaça na maioria dos casos o tempo de retenção em um biodigestor batelado gira em torno de 70 dias (SILVA; ABUD, 2014), no biodigestor estudado o TRH foi de 30 dias, sendo assim um processo incompleto, afetando a geração final.

- **Quantidade de biomassa** - A quantidade de biomassa pode ser um fator influenciador, podendo haver inibição do processo devido à sobre carga de matéria orgânica (LAPA, 2003). Neste biodigestor a quantidade de biomassa utilizada foi de 4/5 do volume total.

- **A não adição de inóculos** - A adição de inóculos acelera o processo de biodigestão, porem como os inóculos são obtidos após a finalização de um processo (EMBRAPA, 2002), e tem de provir da mesma biomassa no qual será utilizado, não foi possível a adição inicial do mesmo.

Quanto ao sensor de temperatura os resultados foram muito bem representados, pois, quando havia uma mudança de temperatura, o sensor demorava certo tempo para dilatar ou contrair e este tempo dificultou a leitura dos sinais de ruídos que poderia acontecer.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, foi observado que o sensor de pressão não foi bem selecionado, pois sua precisão é baixa, o que trouxe imprecisão dos resultados.

A figura 2 demonstra o esquema do circuito. Para fazer a simulação foi utilizado o ISIS Proteus e o Ares para fazer as trilhas, depois foi passado para uma placa de fenolite, perfurado e soldado, o objetivo foi concluído com sucesso.

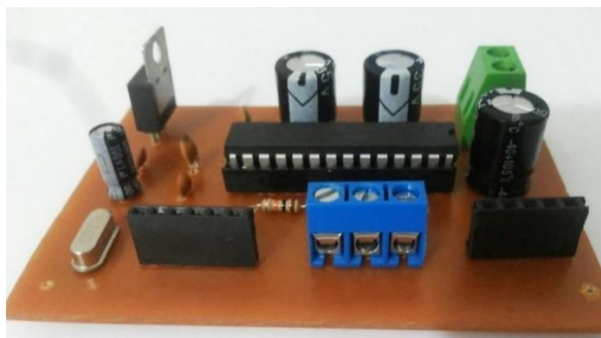


Figura 2– Circuito eletrônico montado.
Fonte: (Elaborado pelos autores).

O desenvolvimento do supervisor atingiu seu objetivo, recebendo e mostrando dados de pressão e temperatura do biodigestor. A figura 3 representa um exemplo do funcionamento do supervisor e também ilustra os acontecimentos de picos de pressão, demarcados com a linha vermelha, estes sinais são devido aos ruídos que o sensor de pressão detectou durante o processo.

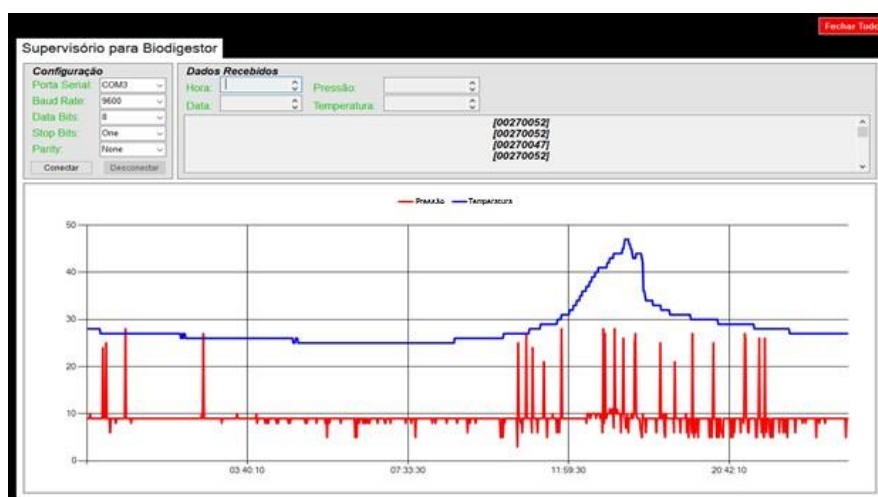
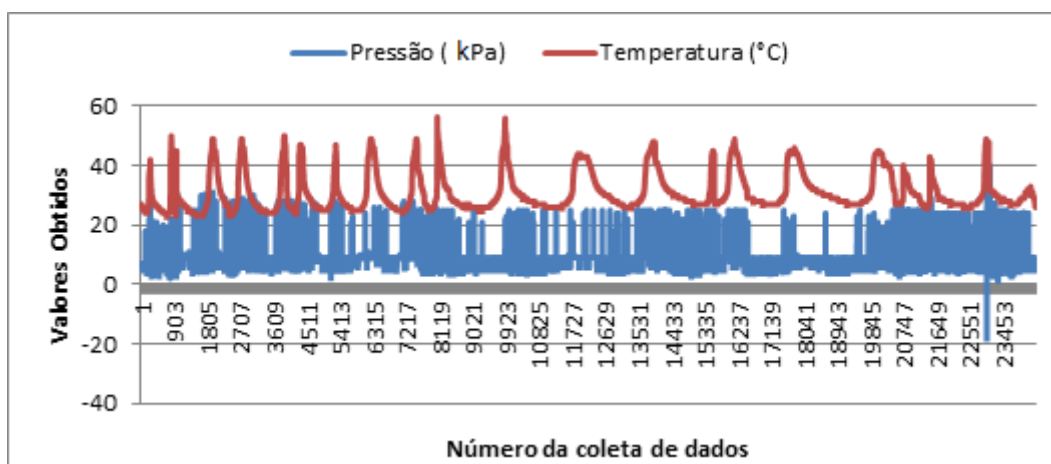


Figura 3– Supervisor em funcionamento.
Fonte: (Elaborado pelos autores).

No projeto foram coletados mais de vinte e quatro mil dados para cada variável (pressão e temperatura). Segue abaixo o gráfico 2 com o histórico do processo com os resultados obtidos em 30 dias.



Fonte: (Elaborado pelos autores).

Considerações Finais

É importante ressaltar o papel de processos alternativos e sustentáveis de geração de energia, como é o caso da biodigestão, nos compromissos globais firmados entre os países, incluindo o Brasil, para alcançar metas sustentáveis. É fundamental o fomento de pesquisas de conhecimento e melhorias nos processos de geração para que metas ousadas como as que o Brasil traçou na COP21 sejam alcançadas.

Conclui-se, tanto no desenvolvimento do sistema de coleta de dados, quanto no desenvolvimento do biodigestor, algumas possibilidades e sugestões para melhorias, como por exemplo, o sistema de vedação do biodigestor, no qual sugere-se uma alternativa mais eficiente para as inserções realizadas, pois foi percebido que com o aumento da pressão interna esses pontos de inserção foram os mais afetados, confirmando assim uma teoria já apresentada no campo da dinâmica dos fluidos, que diz que a pressão se concentra nas partes mais frágeis do material, sugere-se então que ao invés de adaptações com vedações através de silicones ou resinas, utilize-se sistemas feitos sobre medida, de materiais sólidos, para evitar pontos de acumulo de pressão, e proporcionar uma vedação eficiente.

Já os padrões de dados encontrados diferem, em algumas partes, das pesquisas já realizadas na área da biodigestão, como é o caso da diminuição da pressão em alguns pontos após o começo do processo, pois nas pesquisas observadas neste campo o início da geração do biogás faz com que a pressão interna aumente de maneira crescente. Porém, este fato encontrado neste trabalho

em específico não pode ser utilizado para refutar, ou colocar em descrença o vigente padrão de resultados das pesquisas, tendo em vista que esta diminuição gradual da pressão dentro do período de geração de biogás se deu, provavelmente, pela deficiência da vedação no biodigestor.

Os padrões de temperatura encontrados são condizentes com os padrões vigentes nas pesquisas atuais, percebendo-se uma temperatura interna maior que a temperatura ambiente externa, em comparação simples com o clima atual local nas datas das coletas.

A conclusão deste trabalho, relacionando variáveis de temperatura e pressão com as teorias vigentes neste campo de pesquisa só foi possível pelo fato de existir um sistema de supervisão capaz de coletar de maneira eficiente esses dados. Apesar do sistema não vir a ser um sistema ideal (cabe melhorias) é perceptível quão rica é a possibilidade de analisar de maneira criteriosa como os dados evoluem dentro do processo, a possibilidade da comparação mesmo durante o processo e a realização da identificação de problemas, inconformidades e discrepâncias, que no fim podem arruinar todo o processo e levar a perdas econômicas e de tempo. A coleta e análise de dados se mostrou grande aliada para nortear futuras pesquisas e melhorias neste campo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6146: Invólucros de equipamentos elétricos Proteção*. Rio de Janeiro, 1980. 14 p

COUTINHO, Fernanda M. B.; MELLO, Ivana L.; MARIA, Luiz C. de Santa. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p.1-13, 2003.

DIAS, Eduardo Luís Oliveira; SOUZA, Cleide Barbieri de. Construção de biodigestor caseiro: purificação do biogás e otimização da produção de metano. *Revista Unilus Ensino e Pesquisa*, [S. l.], v. 12, n. 26, p.78-78, 2014.

LAPA, Katt Regina. Avaliação de desempenho do reator anaeróbico em batelada sequencial (ASBR), contendo biomassa imobilizada em pedra pome, para tratamento de esgoto sanitário. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MARQUES, Helen Mari de Sá Maynardes. *Vinhoto da cana de açúcar – aproveitamento e impactos ambientais na região de Ibaiti/Pr.* 2013. 26 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ibaiti, 2013.

MAXIM INTEGRATED. Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer: DS18B20. 2015. Disponível em: <<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2017.

MOTOROLA INC. *Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated: MPX5700 SERIES.* 2001. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=152>. Acesso em: 23 maio 2017.

PINTO, C. P. *Tecnologia da Digestão Anaeróbica da Vinhaça e Desenvolvimento Sustentável*, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1999.

PRATI, Lisandro. *Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores.* 2010. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SHUBEITA, Fauzi de M. *Um Estudo sobre Monitoramento e Controle de Biodigestores de Pequena Escala.* 2014. 41 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência da Computação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVA, Carlos Eduardo de Farias; ABUD, Ana Karla de Souza. Acompanhamento do Tempo de Retenção Hidráulico (TRH) na Biodigestão de Vinhaça e Utilização de

seu Biofertilizante em Sementes de Feijão. Scientia Plena, Maceió, v. 10, n. 8, p.1-7, maio 2013.

TALITA DELGROSSI BARROS. Tubular. [20--?]. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj06suh302wyiv802hvm3ja3fm10a.html>>. Acesso em: 30 set. 2017.

Projeto de construção de uma máquina CNC de código aberto controlando laser, fresadora e impressora 3D.

Design of construction of an open-source CNC machine controlling laser, milling machine and 3D printer.

Enrique Baster Galea¹
Gabriela Siquera Versati¹
Gustavo Grigio Gabriel¹
João Vitor Chuderilli¹
Jonatas Dutra Siqueria¹
Paulo Henrique Marques Anjoulette¹
Daniel Lucas de Oliveira²

Resumo

Este trabalho trata do projeto de uma CNC multifuncional, pensado pelo crescimento dos sistemas de controle numérico que a cada dia são mais comuns fora da indústria e estão tendo uma importância relevante nas pequenas e medianas empresas. A traves do código aberto que muitos desenvolvedores disponibilizam tem surgido grandes soluções de vários fabricantes envolvendo distintas ferramentas como fresadoras, laser, torno e impressoras 3D. Este projeto tem como objetivo reduzir custos, espaço e tempo de fabricação, e com esse fim fez um desenho capaz de fazer funcionar uma por vez três de estas ferramentas numa mesma estrutura. O processo de criação foi dividido em quatro partes, eleger o código “open source” adequado para realizar todas as tarefas, selecionar o modulo arduino, a placa de drivers, os motores de passo, sensores, e fonte de alimentação que conformam a eletrônica do projeto, criar uma estrutura mecânica resistente, leve e economicamente viável, e por último finalmente, realizar o ajuste necessário para a precisão milimétrica da máquina.

Palavras-Chave: CNC Multifuncional, Impressora 3D, Tudo-em-um, Fresadora CNC

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

² Engenheiro, Mecatrônico. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Docente do curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Abstract

This work deals with the design of a multifunctional CNC, thought for the growth of numerical control systems that are increasingly common outside the industry and are having a relevant importance in small and medium enterprises. Through the open source that many developers have available, large solutions have arisen from several manufacturers involving different tools like milling machines, laser, lathe and 3D printers. This project aims to reduce costs, space and manufacturing time, and to this end has made a design capable of running three of these tools one at a time in a single structure. The creation process was divided into four parts, choosing the right "open source" code to perform all tasks, selecting the arduino module, drivers board, stepper motors, sensors, and power supply that make up the electronics of the design, create a sturdy, lightweight and economically viable mechanical structure, and finally, finally, make the adjustment necessary for millimetric precision of the machine.

Key Words: CNC Multifunctional, 3D Printer, All-in-One, CNC Milling Machine.

Introdução

As primeiras máquinas CN (controle numérico) foram construídas na década de 50 e rodavam através de cartões perfurados. Enquanto o conceito dessa forma de controlar máquinas ferramentas provou que reduziria os custos das indústrias, as fabricantes demoraram para dar atenção à esta invenção. Para promover uma rápida adoção deste sistema, o exército dos Estados Unidos comprou 120 máquinas CN, e as alugou para várias empresas para que elas se familiarizassem com esta tecnologia. No final da década de 50 o CN começou a emplacar, embora ainda haviam diversas deficiências e dificuldades. Por exemplo, o Código-G, a linguagem universal das máquinas CNC dos dias atuais, ainda não existia. Cada fabricante de máquinas criou sua própria linguagem para definir processos de usinagem em um programa CN.

Alguns fatores principais possibilitou o rápido desenvolvimento das máquinas CNC durante a década de 60:

- Padronização e criação do código G teve origem por volta de 1958 no MIT (Massachusetts Institute of Technology), onde era a linguagem usada no laboratório de servomecanismos.
- Durante a década de 60 surgiram os primeiros programas CAD, e em meados de 70 já haviam programas CAD usáveis pela indústria, substituindo rapidamente os desenhos em papel.
- Mini-computadores começaram a se tornar mais acessíveis e poderosos.

Com o aumento de custo da mão de obra durante a década de 70, e os avanços das tecnologias do CNC, este começou a se popularizar rapidamente dentro das indústrias substituindo muitas máquinas ferramentas manuais.

As empresas norte americanas iniciaram a revolução das máquinas ferramentas com o CNC, mas foram os alemães que viram a oportunidade de reduzir os custos pela primeira vez, de modo que em meados de 1979 a indústria de máquinas alemã estava vendendo mais máquinas CNC que os Estados Unidos. Os japoneses repetiram a fórmula de sucesso dos alemães, e apenas um ano depois, a indústria japonesa de máquinas ferramentas tomaram o primeiro lugar nas vendas. Em 1971 as 10 maiores fabricantes de máquinas CNC eram americanas, em quanto que em 1987 apenas uma empresa permanecia entre as líderes de mercado.

Recentemente os microprocessadores tornaram as tecnologias do CNC ainda mais baratas, tornando possível inclusive a disseminação do comando numérico entre hobbystas e microempresas.

Em 2009, Simen Svale Skogsrud presenteou a comunidade open source liberando a primeira versão do GRBL, que é um controlador de máquinas cartesianas de 3 eixos, XYZ, que pode ser instalado em um simples Arduino.

A maioria dos projetos de impressoras 3D possuem o GRBL como base de seu controlador. Há também diversos tipos de máquinas que fazem o uso do GRBL, como máquinas de corte a laser, corte à plasma, máquinas de desenho e pintura, furadeiras automáticas e fresadoras.

Todas essas ferramentas citadas eram de difícil acesso para um microempreendedor, devido ao seu elevado custo e dimensões volumosas. Recentemente iniciou-se um movimento mundial de espaços colaborativos para desenvolvimento de projetos conhecido como Fab Lab, que são laboratórios de fácil acesso que compartilham criatividade, conhecimento e equipamentos, dentre esses, impressoras 3D, contadoras a laser e fresadora CNC. (<www.proptimus.com.br>, 2017).

Com isso o objetivo desse trabalho é a elaboração de uma máquina que permite a união de três processos em um dispositivo. Foi idealizado um equipamento que permitisse a diminuição de custos e a redução do espaço físico dentro das empresas, agrupando máquinas-ferramentas em uma mesma estrutura, isso devido ao aquecimento do mercado de microempresas que tem necessidade de ter várias máquinas porém possuem pouca infraestrutura. Constatou-se o grande aumento de microempreendedores que possuem um capital inicial limitado e uma infraestrutura reduzida. Com isso surgiu a necessidade de um equipamento flexível com a capacidade de se adaptar a demanda de produção.

Material e método

Materiais

Os componentes básicos do projeto incluem: sete metros de tubo de alumínio de 1 polegada de diâmetro externo e 3 mm (três milímetros) de espessura; sessenta rolamentos 608; cinco motores de passo bipolar; um extrusor MK8; uma fresa; um laser EleksMAKER 450nm (quatrocentos e cinquenta nanômetros) 3,5W; parafusos diversos; porcas diversas; uma fonte de 12v (doze volts) com potência de 360w (trezentos e sessenta watts); um arduino mega 2560; cinco driver de motor de passo modelo DVR8825; uma placa RAMPS 1.4; fios elétricos; conectores elétricos; um display LCD com entrada SDcard; jogo de cabo de conexão de display; filamento PLA 1,75 mm (um e setenta e cinco milímetros) de espessura; cinco metros de correia modelo GT2; polia GT2; estrutura impressa em impressora 3D como mostrado na figura 1.



Figura 1: Peças impressas em plástico PLA.
Fonte: Autor

Os softwares utilizados dos projetos são o Simplify 3D, o Inkscape 0.92, o Autodesk Fusion 360 e o firmware Marlin 1.0 gravado no arduino.

Arduino Mega 2560

O Arduino (Figura 2) é um microcontrolador de placa única e um conjunto de software para programá-lo. Em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saída entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. É o que chamamos de plataforma de computação física embarcada, ou sejam um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. (McRoberts, 2011). Foi utilizado o modelo MEGA2560 de microcontrolador específico pela complexidade do programa a ser compilado, sendo o mais fácil de encontrar no mercado e o mais potente.



Figura 2: Placa Arduino

Fonte: https://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/B300/ARDUINO_MEGA_A01.png

Laser

Laser (Figura 3) é uma sigla em inglês que significa Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação) é um dispositivo que produz radiação eletromagnética com características muito especiais: ela é monocromática (possui comprimento de onda muito bem definido), coerente (todos os fótons que compõem o feixe emitido estão em fase) e colimada (propaga-se como um feixe de ondas praticamente paralelas. (Martins, 2008). A utilização do laser em específico foi devido ao custo encontrado e pela sua potência, sendo que com essas características alcançava os objetivos propostos.



Figura 3: Laser
Fonte: Autor.

Extrusor

O extrusor (Figura 4) é a peça que recolhe o filamento de uma bobina e a deposita sobre a base de impressão de acordo com os parâmetros de impressão vindos do código GCODE. No interior do extrusor existe uma resistência responsável por aquecer o plástico, ou seja, ele faz o processo de fusão do estado sólido para o estado líquido. (Rodríguez, 2014). No projeto em questão o extrusor foi escolhido com os mesmos princípios do Arduino, sendo eles de fácil acesso a compra e por ter a capacidade de imprimir o material projetado.

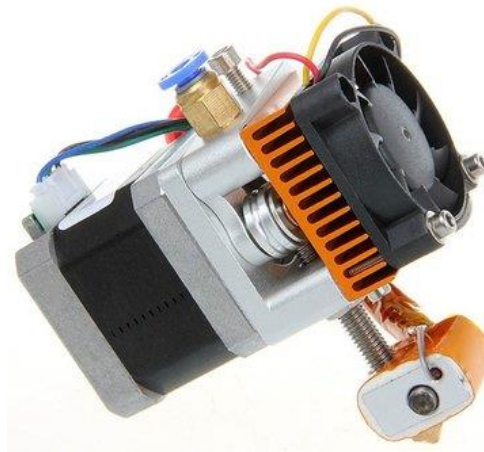


Figura 4: Extrusor
Fonte:

<https://img1.banggood.com/thumb/view/oaupload/banggood/images/58/12/fe9309ab-cc81-4bf5-a653-3fdae19fdece.jpg>

Fresadora

Fresadora (Figura 5) é uma máquina aonde se acopla ferramentas rotativas conhecidas como fresas, que são constituídas por uma série de dentes e gumes, geralmente dispostos simetricamente em torno de um eixo. Os dentes e gumes removem o material da peça bruta de modo intermitente transformando-a numa peça acabada, isto é, com a forma e dimensões desejadas (Carlos, 2012). A fresadora selecionada cumpriu com os requisitos de baixo custo, fácil manutenção e peças de fácil acesso no mercado.



Figura 5: Fresadora

Fonte: http://mlb-s1-p.mlstatic.com/544415-MLB25229963238_122016-0.jpg

Software

O software SimpliFy 3D converte o arquivo STL (STereoLithography) em código G-CODE, transformando a peça sólida em várias fatias para analisar as interseções entre elas, também determina o deslocamento do extrusor, calcula a quantidade de filamento, o local de deposição do material, gera suporte, estabelece a temperatura do extrusor e da mesa aquecida, o tempo de execução e preenchimento do interior da peça (infill).

O software Inkscape 0.92 é de característica open source, neste projeto há a necessidade de instalar um plug-in cuja função é controlar o laser. Determina quando o laser irá ligar e desligar, calcula os parâmetros de avanço dos motores de passo e converte arquivo com extensão SVG (Scalable Vector Graphics) para código G-CODE.

O software Autodesk Fusion 360 converte o arquivo CAD (Computer-aided design) em código G-CODE através de parâmetros de ferramentas estabelecidos no programa, controla a rotação da fresa, velocidade de avanço, sentido da rotação e parâmetros de corte.

Firmware

O firmware Marlin 1.0 foi criado em 2011 para a empresa RepRap e Ultimaker, hoje é o mais utilizado nas impressoras 3D no mundo inteiro. Especialmente o Marlin roda em impressoras que utilizam o processo de fabricação FFF (Fabricação por fusão de filamento), chamado também como o coração da máquina, cuja função é controlar e coordenar os motores, aquecedores e sensores.

Método

Como base para o projeto utilizou-se madeira MDF (medium density fiberboard) com uma dimensão de 900mm x 900mm, e uma espessura de 10 mm (dez milímetros). A fabricação da estrutura (Figura 6) foi de alumínio de liga 6063-T5, pois tem uma excelente resistência ao desgaste, à corrosão e a fadiga.

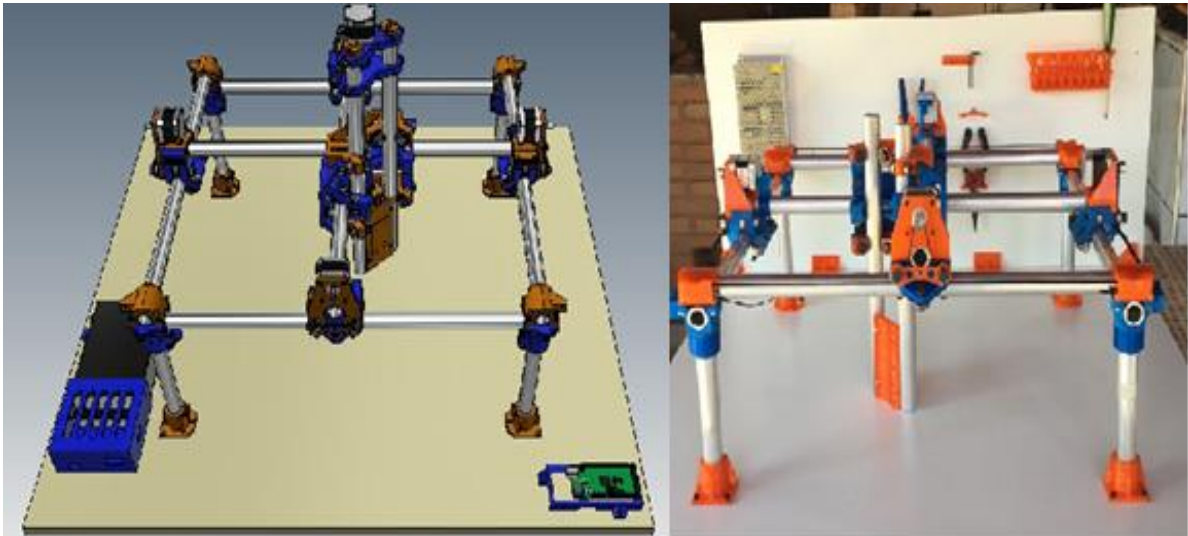


Figura 6: Estrutura do projeto.

Fonte: Autor.

Utilizou tubos com o diâmetro externo de 1 polegada e espessura de 3 mm (3 milímetros), no total usamos quatro tubos com 200 mm (duzentos milímetros), cinco de 600 mm (seiscentos milímetros) e dois de 380 mm (trezentos e oitenta milímetros) para a fabricação das demais peças estruturais utilizou-se o plástico de impressora 3D (PLA – Ácido Polilático) devido a facilidade de produzir formas complexas, custo benefício e resistência.

A fixação do eixo x e eixo y da estrutura principal possui dois conjuntos de três rolamentos (Figura 7) posicionados a 120° de distância. Este arranjo permite que carro de movimentação de cada eixo permaneça sempre perpendicular e alinhado com a estrutura. O projeto também tem um eixo Z que para se mover possui um fuso trapezoidal (Figura 8) que efetua um deslocamento linear. Utiliza o mesmo sistema de fixação dos demais eixos. É no eixo z que tem o suporte para a fixação das ferramentas (laser, fresa e impressora 3d), essa fixação é feita através de um suporte que acopla cada uma ferramenta na base do eixo z.

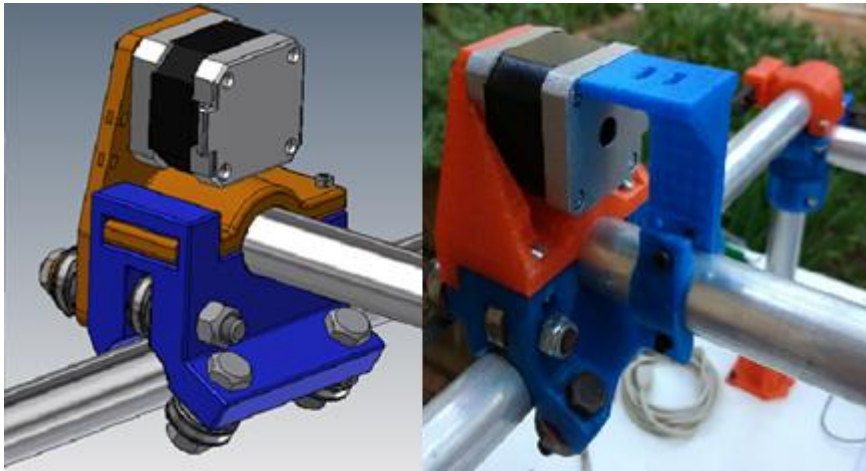


Figura 7: Fixação do eixo x e y.
Fonte: Autor.

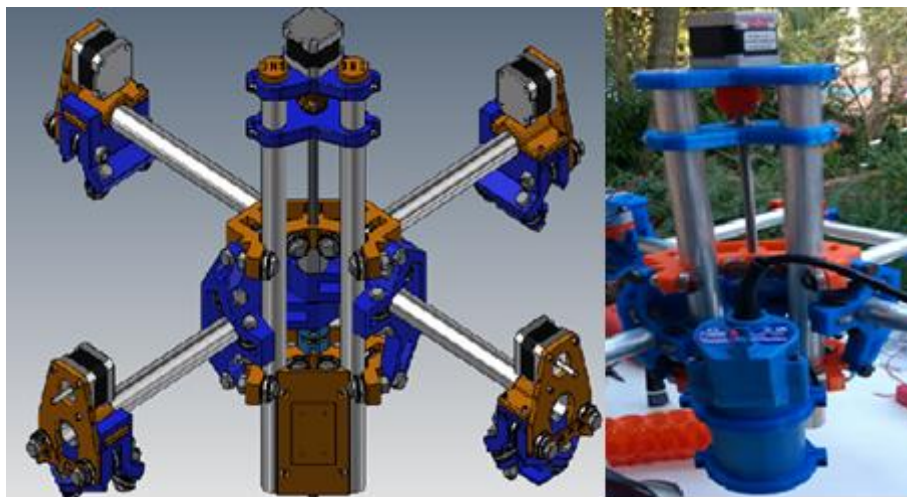


Figura 8: Eixo Z com fuso trapezoidal.
Fonte: Autor.

O sistema de movimentação é feito através de motores de passo NEMA 17 que possui um torque de 5 kg/cm e um ângulo de $1,8^\circ$. Foi instalado cinco motores de passo, dois no eixo x, dois no eixo y e um no eixo z. No eixo x e y os motores de passos são instalados em um lado no sentido horário e do outro lado no sentido anti-horário, isso para que os dois motores desloquem o eixo no mesmo sentido.

Utilizou-se o driver DVR8825 para controlar a movimentação dos motores de passos. Um dos problemas solucionados neste trabalho foi a obtenção da sequência de funcionamento dos motores de passo, sendo sempre diferente conforme o fabricante.

Para limitar os movimentos dos eixos foi usado um sensor fim de curso AW11-3E-3 que possui um contato normal fechado que quando a extremidade é tocada, abre o contato evitando a passagem de corrente e evitando a colisão do carro de movimentação com a estrutura.

O projeto possui um tensionador de correia que nos possibilitou um aumento de precisão, para isso foi acoplado um parafuso que conforme faz o aperto do mesmo a correia fica mais esticada.

O micro controlador Arduino MEGA2560 foi o escolhido para o projeto, ele possui 54 pinos de entradas e saídas digitais onde 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas, 4 portas de comunicação serial. Além da quantidade de pinos, ela conta com maior quantidade de memória que Arduino UNO, sendo uma ótima opção para projetos que necessitem de muitos pinos de entradas e saídas além de memória de programa com maior capacidade.

O laser utilizado no projeto possui 3,5W (três e meio watts) e um comprimento de onda de 450nm (quatrocentos e cinquenta nanômetros) que possui uma cor azulada. Segundo teste realizados o laser foi capaz de gravar inscrições em madeira e acrílico. Utilizando a potência máxima cortou-se espuma, papel e madeira com espessura de até 2mm (dois milímetros). Para se enquadrar na norma técnica IEC60825, é obrigatório a instalação de uma proteção ao redor da saída do laser, com a finalidade de não dispersar radiação no ambiente protegendo o operador do equipamento.

O extrusor utilizado foi o modelo MK8 0.4 mm de diâmetro de bico, que é um modelo comum na maioria das impressoras 3D, possui uma temperatura ideal de trabalho no material PLA de 190 °C (cento e noventa graus Celsius) a 200 °C (duzentos graus Celsius) atingindo uma temperatura máxima de 250 °C (duzentos e cinquenta graus Celsius). A temperatura é o principal parâmetro em um extrusor, para controlá-la instalou-se o termistor NTC 100k (cem mil) que é um resistor termicamente sensível, sendo semicondutor eletrônico cuja resistência elétrica varia com a temperatura.

Para o processo de fresamento, usou-se uma fresa de 650 W (seiscentos e cinquenta watts) de potência, com uma rotação máxima de 30.000 rpm (trinta mil

rotações por minuto), sendo eficiente para usinagem de alumínio, madeira, e outras matérias com características parecidas.

Como fonte de alimentação foi utilizado o modelo R-360-12 que possui uma tensão de 12 V (doze volts), corrente máxima de 30 A (trinta amperes) e uma potência de 360 W (trezentos e sessenta watts), necessários para alimentar os cinco motores de passos, o laser, o extrusor e os dispositivos de controle.

Melhorias

O projeto open source disponível tinha uma série de limitações, quando foi decidido realizar esta máquina, o grupo se propôs a implementar melhorias.

Dentre as mais importantes, destacamos a implantação de:

- Esticador de correia – não se tinha um controle preciso da tensão aplicada na correia, onde a mesma era realizada através de um processo manual, foi implementado um esticador que permite o controle da tensão através de um parafuso regulador.
- Esteira porta cabos – Os cabos eram desorganizados e propensos a rompimento, com a inclusão da esteira porta cabos melhorou a organização e a proteção dos fios elétricos.
- Fuso (eixo Z) – Inicialmente utilizando uma barra roscada, esse elemento mecânico não permitia uma grande precisão, com a utilização de um fuso, pode se controlar de maneira mais assertiva a altura da ferramenta no eixo Z.
- Engate rápido entre as ferramentas – Devido à demora da troca de uma ferramenta para a outra, projetou-se uma peça cuja função de engate rápido, permite a troca em torno de 5 segundos, ganhando tempo e agilidade no processo.

Resultados e Discussões

Através de testes realizados com as máquinas-ferramentas os resultados obtidos neste projeto foram satisfatórios de acordo ao planejamento realizado.

O laser foi dimensionado para trabalhar com determinadas matérias; madeira, espuma, papel e acrílico. Como teste foi utilizado uma placa de madeira 3 milímetros, nela gravou-se com facilidade desenhos diversos. Num teste de corte foi necessário repetir várias vezes o mesmo desenho para reforçar a linha de corte, tendo casos que houve uma repetição de 16 vezes para obter um corte preciso. A espuma foi um dos materiais mais fáceis de serem trabalho com apenas duas repetições já obtido o corte desejado. Já o teste com o papel conseguiu-se com uma única passada. Com os testes efetuado em acrílico, a gravação foi bem simples de realizar, mas por falta de potência do laser o corte não foi possível.

A fresadora foi testada em dois materiais: madeira e resina. Na madeira conseguiu-se ótimos resultados de acabamento e velocidade de corte. A resina por ter propriedades físicas muito parecidas com a da madeira obteve-se resultados parecidos.

O projeto foi dimensionado para trabalhar com um único material de impressão, sendo ele o PLA, sua escolha surgiu devido ao fato de não precisar de cabine fechada (controle de temperatura interna), não necessitar de mesa aquecida, trabalha com temperatura de extrusão mais baixa que o material ABS e tendo uma vantagem permitindo imprimir peças acima de 100 milímetros de altura.

Conclusão

Após a finalização deste projeto conseguimos demonstrar as ferramentas uteis que estão disponível “open source” para realização de grandes projetos.

Depois de uma extensa investigação foi selecionado um software capaz de realizar com desempenho o nosso objetivo de criar uma CNC multifuncional num mercado dominado por máquinas dedicadas a realização de uma única função, além da pouca experiência encontrada por ser estes equipamentos de recente geração.

Foram vários os desafios para conseguir fazer uma estrutura mecânica e elétrica acorde a programação selecionada, prestando atenção na importante precisão necessária para obter um produto com qualidade, precisão e valor competitivo.

No passado a fabricação deste tipo de equipamentos foi obra de grandes empresas a altos custos de obtenção, hoje podemos falar que nosso ínfimo aporte pode ser utilizado em muitas escolas técnicas, faculdades e pequenas empresas para a realização de projetos de pequeno porte sem gerar altos custos de compra e manutenção.

Com vista no futuro, foi pensado uma automação além da existente, com o objetivo de acelerar o processo de fabricação, trata-se de um mecanismo de troca de ferramenta completamente autônomo, controlado pelo software sem nenhuma intervenção manual.

Para a construção e fabricação do nosso equipamento, onde algumas peças foram compradas diretamente de fornecedores e outras foram confeccionados pelos próprios integrantes do projeto obtivemos um custo de R\$ 2740,00 (dois mil setecentos e quarenta reais).

Referências Bibliográficas

A.T.I. BRASIL, Manual. Disponível em:

<<http://atibrasil.com.br/wp-content/uploads/2016/08/fuso-de-rosca-trapezoidal-004.pdf>> Acessado em: 29 set. 2017

FABLAB LIVRE SP, Disponível em:

<<http://fablablivresp.art.br/o-que-e>> Acessado em: 29 set. 2017

Histórico CNC. Disponível em:

<http://www.mundocnc.com.br/historico.php>. Acessado em 23 set. 2017

MARTINS, Elaine. O que é laser? Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/video-game-e-jogos/1062-o-que-e-laser-.htm>>. Acessado em: 25 abr. 2017.

McROBERTS, Michael. Arduino básico; tradução Rafael Zanolli -- São Paulo : Novatec Editora, 2011.

Motor de passo. Disponível em:

<<http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>> Acessado em 29 abr. 2017.

Motor de Passo Controlado por Computador. Disponível em:
<<http://www2.eletronica.org/projetos/motor-de-passo-controlado-pelo-computador>>
Acessado em 29 abr. 2017.

NATALE, Ferdinando, 1946 -- Automação Industria -- 10ª ed. Ver. -- São Paulo: Érica, 2017.

NIEMANN, Gustav. Elemento de máquina Volume I -- São Paulo: Edgard Blucher, 1971.

NIEMANN, Gustav. Elemento de máquina Volume II -- São Paulo: Edgard Blucher, 1971.

NIEMANN, Gustav. Elemento de máquina Volume III -- São Paulo: Edgard Blucher, 1971.

PROTOPTIMUS, Disponível em:

<<http://www.proptimus.com.br/maquinas-cnc-historia-comando-numerico-computadorizado/>> Acessado em: 29 set. 2017

RELVAS, Carlos A. M. Controlo Numérico Computorizado: Conceitos Fundamentais. 3ª.ed. São Paulo: Publindustria, 2012.

RODRÍGUEZ, José. Assim funciona a extrusão nas impressoras 3D. Disponível em:

<http://www.mibqyyo.com/pt-artigos/2014/09/17/assim-funciona-a-extrusao-nas-impressoras-3d/#/vanilla/discussion/embed/?vanilla_discussion_id=0>. Acessado em: 25 abr. 2017.

SOUZA, Fábio. Arduino Mega 2560. Disponível em:

<<https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acessado em: 25 abr. 2017.

TAKAGAKI, Luiz. Tecnologia de Impressão 3D. Inovação Tecnológica, São Paulo, v.2, n.2, p.28-40, jul/dez.2012.

Leito Monitorado

Monitored Bed

Ernani Antunes de Brito Junior ¹
Jonathan Martins Comparoni ¹
Lara dos Santos Nascimento ¹
Luiz Felipe Barbosa Ciola ¹
Murilo Gonzalez de Oliveira ¹
Daniel Lucas de Oliveira ²

RESUMO

A utilização de leitos ou camas com monitoramento estão presente em muitos hospitais, porém acompanhado de um alto custo de compra. Além do uso em hospitais, estes leitos podem ser encontrados em residências familiares, quando há pessoas idosas, com problemas de saúde ou locomoção, até mesmo com limitações para levantar de suas camas sozinhas, aumentando riscos de acidente que podem ser agravados caso não tenha supervisão. Outro exemplo de casos é em situações que envolvem crianças pequenas com sonambulismo, podem se levantar e sair facilmente de suas camas até mesmo saindo de casa. Pensando nestas situações, foi elaborado um projeto de uma cama com monitoramento em que o usuário, responsável pelo dependente, possa acompanhar o dia a dia do paciente, idoso ou criança, pelo próprio celular. Este projeto tem por objetivo tornar mais prático este cuidado e monitoramento e, caso ocorra alguma emergência, a resposta e ação remediadora seja mais rápida. Conclui-se que este projeto tornou o monitoramento mais fácil e usual, já que grande parte da população tem acesso a um smartphone e que nele mesmo poderá ser realizado todas as configurações necessárias do sistema, que é julgado de baixo custo quando comparado aos atuais leitos monitorados de hospitais

Palavras-Chave: leito; leito monitorado; automação residencial; segurança com idoso

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

² Professor Mestre do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP

ABSTRACT

The use of medical beds or beds with monitoring is present in a lot of hospitals, however is accompanied by a high cost of purchase. Besides the uses in hospitals, these medical beds with monitoring can be found in family homes, when there are elderly people with health mobility issues, or even with stand-up limitations, increasing the risk of accidents which can be worse if there is no supervision. Another case exemple is when there is small children with sleepwalking, they can get up and leave their bed or even their house. Thinking about these cases, it was elaborated a monitoring bed project in which the user, the dependent's responsible, can follow the patient's, elderly or children, day-by-day direct by smartphone. This project aim is to make this patient care and monitoring more practical and, if there is any emergency, make a fast response and action. We conclude that this project made the monitoring useful and easier, knowing that most of the population have access to a smartphone, and can use this device to configurate the system, which is low cost when compared with the current monitoring bed in hospitals.

Key-words: Bed; monitored bed; home automation; security whit the elderly
Introdução

Atualmente existem pessoas que necessitam de cuidados especiais, como crianças hiperativas e idosos, se tornando dependentes e em alguns casos mais graves apresentam problemas de saúde.

Em muitos casos ocorre dessas pessoas saírem de suas camas sem se comunicarem e nesse momento pode ocorrer algum acidente, pois não conseguem avisar ou se comunicarem com o cuidador, agravando a situação e podendo em alguns casos a pessoa vir a óbito.

Atualmente estima-se haver cerca de 46,8 milhões de pessoas com algum tipo de limitação cerebral no mundo. Este número praticamente pode dobrar em cerca de 20 anos, chegando a 74,7 milhões em 2030 e a 131,5 milhões em 2050 segundo dados fornecidos pelo relatório de 2015 da Associação Internacional de Alzheimer (ADI - Instituto de Alzheimer do Brasil).

No mundo todo, acidentes domésticos estão entre as cinco principais causas de mortalidade. No Brasil, estima-se que as pessoas atendidas em hospitais vítimas destes acidentes somam 37% das ocorrências (Prevenir em casa, 2017).

Segundo Marta Maria Alves da Silva, coordenadora de Vigilância e Prevenção de Violências e Acidentes, o grande número de acidentes domésticos no Brasil é um dos fatores que causa mais impacto no sistema de saúde, influenciando também na qualidade de vida das pessoas.

Em 2014 foram atendidas em média 292 pessoas em apenas um mês, vítimas de politraumatismo, decorrente de acidentes domésticos. Um número muito alarmante para um pequeno espaço de tempo. De acordo com o Ministério da Saúde, Esse tipo de acidente considera-se uma das principais causas de adoecimento e morte, ocorrendo em maior número quedas de escadas desprotegidas, janelas sem redes de proteção e até mesmos camas inadequadas. (Prevenir em casa, 2017)

Crianças cujos pais e mãe são sonâmbulos têm sete vezes mais chances de desenvolver o transtorno (sonambulismo). E quando apenas um dos pais tem o distúrbio, as possibilidades são de três vezes maiores. Esses resultados foram obtidos através de cientistas canadenses que fizeram análise de 1940 crianças nascidas entre 1997 e 1998, sendo acompanhadas pelos pesquisadores entre março de 1999 e março de 2011 (JAMA Pediatrics, 2015).

Hoje, são encontrados alguns dispositivos de segurança que podem, e são, em alguns casos, utilizados como alarmes e campainhas acionadas por botões por esses dependentes que irá avisar o cuidador. Porém, em alguns casos pode ocorrer dessas pessoas deixarem de acionar o botão, pois levantam-se de seus leitos apenas para irem ao banheiro ou beber água, e, decorrente desta atitude, caso ocorra algum acidente, o cuidador não será avisado e possivelmente agravando a situação.

Em vista dessa necessidade procurou-se elaborar um sistema para supervisionar remotamente quem estiver no leito, avisando o cuidador ou responsável caso o leito seja abandonado sem que haja a necessidade de apertar botões ou campainhas.

Este sistema poderá ser previamente programado pelo responsável e não podendo ser alterado pelo dependente, evitando a falha na supervisão desejada.

O monitoramento será realizado através de um aplicativo de celular que também será desenvolvido neste projeto, com o intuito de aumentar a segurança do leito pois assim o dependente não poderá desativar o sistema e o cuidador terá maior facilidade e mobilidade pois não irá precisar carregar outro dispositivo além do celular, podendo também realizar o monitoramento a qualquer momento.

O objetivo deste trabalho será a construção de sistema para monitoramento de leito, visando um custo mais acessível em relação a alguns leitos encontrados em hospitais, conseqüentemente ajudando a reduzir o índice de mortalidade desses dependentes, visto que acidentes poderão ocorrer, porém mesmo que o dependente não consiga avisar o cuidador, um alarme será acionado momento depois que abandonou seu leito, podendo obter uma prestação de socorro muito mais rápida ou até mesmo evitar o acidente propriamente citado.

Material e Método

Célula de carga

Para realizar a medição da massa do paciente ou dependente e verificar se o mesmo estará no leito. Foram utilizadas células de cargas independentes uma das outras, sendo realizada uma distribuição entre o leito, para que seja realizado um melhor monitoramento e uma aferição de peso mais precisa.

As células de cargas que foram utilizadas, possuem capacidade máxima para cinquenta quilos, porém será feita uma associação entre elas para que aumente sua capacidade de carga.

Ao exercer uma força sobre o sensor da célula de carga, uma tensão é gerada em sua saída e essa variação de tensão será transmitida para o micro controlador para que possa ser realizado o monitoramento.

Ponte Resistiva

Ponte resistiva ou ponte de wheatstone é uma maneira de medir a resistência desconhecida, a ponte consiste em dois ramos de circuito contendo dois resistores cada um, ligado por um galvanômetro.

Uma célula de carga faz meia ponte e para obter uma ponte resistiva é preciso trabalhar com duas assim formando uma ponte completa.

Módulo conversor HX711

Para realizar as conexões das células de cargas com o microcontrolador Arduino é necessário utilizar um amplificador de sinal para que possa ser realizada a leitura dos sinais enviados e a associação de células de carga.

A precisão desse amplificador de sinal pode variar em até 5% conforme condições de ambiente, principalmente afetado por temperatura. Dependendo do quão preciso a balança deva ser, será necessário aferir diversas cargas para verificar se há curva ou se a medição recebe uma variação constante.

Esse dispositivo pode ser alimentado de 2.7V à 5V, possuindo estrutura simples, fácil de usar e com desempenho estável, além é claro, da elevada sensibilidade e velocidade de medida.

Microcontrolador Arduino Mega 2560

Para realizar todas as funções deste sistema de monitoramento, será utilizado o Arduino Mega 2560.

O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware ou software. (ARDUINO BÁSICO, 2015)

O micro controlador Arduino trabalha internamente com dados digitais, portanto é necessário traduzir o sinal analógico para o valor digital. Este processo consiste em converter o sinal analógico para o valor digital, desta forma se pode obter uma maior variação do sinal presente no pino. Esse processo é feito pelo conversor analógico digital, ADC ou conversor A/D.

Modulo Bluetooth HC-06

O módulo bluetooth utilizado para realizar a comunicação entre o sistema físico (Hardware) com o sistema supervisorio (Software) totalmente sem cabos de conexão, permitindo uma maior mobilidade.

Este módulo (antena) foi ligado na própria placa de arduino e transmitirá a as informações para o celular.

O módulo possui quatro pinos: VCC (alimentação de 3,6 à 6V), GND, RX e TX, os dois últimos utilizados para comunicação com o Arduino via serial.

Esse módulo funciona apenas em modo slave (escravo), ou seja, ele permite que outros dispositivos se conectem a ele, mas não permite que ele próprio se conecte a outros dispositivos bluetooth.

Método

Para o desenvolvimento do aplicativo foi utilizado o software AppInventor que permitiu realizar as comunicações e as configurações do aplicativo com o sistema físico do projeto, dispensando algumas estruturas de hardware.

A comunicação do aplicativo com o circuito será executada a partir de uma conexão por bluetooth, porém este projeto também pode ser dimensionado para obter uma conexão de Ethernet.

Para a associação das células de carga realizou-se testes para se obter uma melhor distribuição para que haja uma maior área de contato entre as células e o leito.

Foi desenvolvido um suporte para a célula de carga de modo que a mesma fique posicionada em seu interior para melhor precisão e proteção. Este suporte foi produzido em impressão 3D.

Foram fixadas placas de acrílicos na parte superior deste suporte com intuito de se obter uma maior área de contato entre o colchão e o sistema para melhor aferição de carga. Como mostra na figura (1).

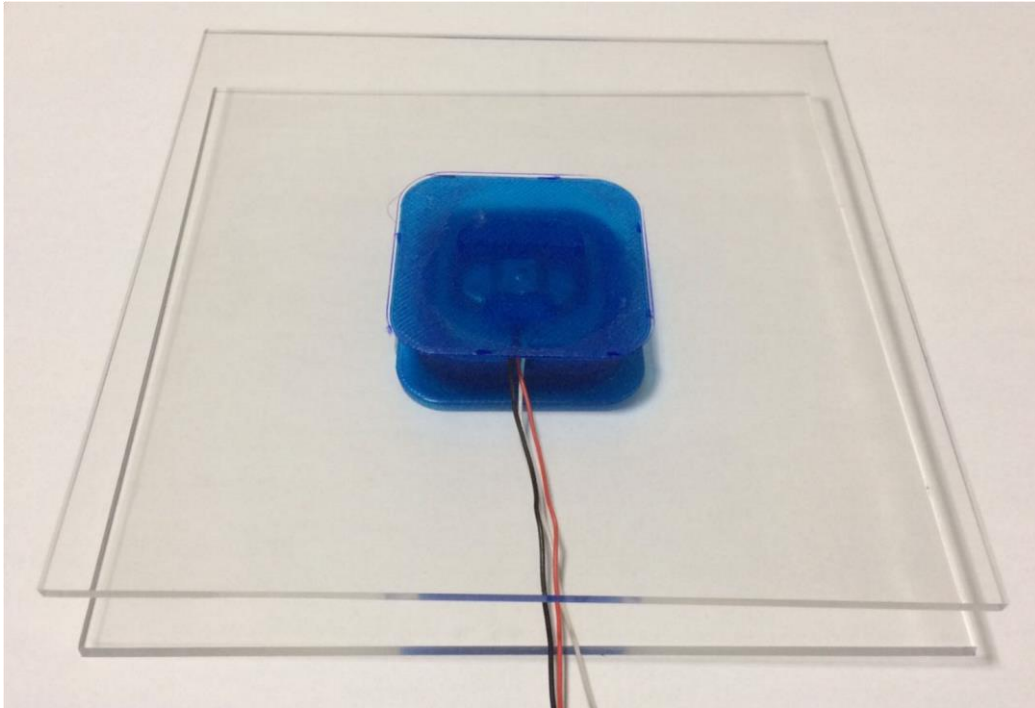


Figura 1: Suporte da célula de carga com acrílico

Fonte: Os autores

Foi utilizado uma placa de circuito impresso para a montagem e comunicação dos componentes, de modo que nela foram acoplados os módulos HX711, a Shield bluetooth e alguns outros periféricos como resistores e terminais de conexão.

Este circuito está acoplado dentro de um painel em acrílico sendo fixado na estrutura do leito. Mostrado em figura (2)



Figura 2: Posicionamento do circuito

Fonte: Os autores

Este sistema pode ser facilmente acoplado em qualquer tipo de cama ou leito, precisando apenas de uma superfície plana para a fixação das placas de acrílico.

Resultados e discussão

O protótipo do sistema foi testado com duas células de cargas primeiramente e foi observado que enquanto uma célula aumentava o valor de carga, a outra reduzia. Quando associada as quatro células, é necessário que duas sejam posicionadas com a suas extremidades superiores para baixo. Isso se deve ao fato da necessidade de haver a ponte de Wheatstone para esta ligação, porém está sendo procurado meios para a solução deste “problema”.

Os módulos amplificadores (HX711) são conectados nas portas analógicas do microcontrolador, porém a biblioteca utilizada para a programação não permitia que mais de duas portas fossem liberadas, para resolver, foi alterado alguns códigos na mesma para que pudesse ser habilitada.

Para a célula de carga funcionar e conseguir obter-se uma leitura para o Arduino, foi necessário realizar uma programação de modo que os valores obtidos

pelas células fossem convertidos para quilogramas. Neste caso foi utilizado uma constante para que conseguisse obter os resultados desejado.

A seguir é mostrado como é disposto as células no leito. Figura 3.

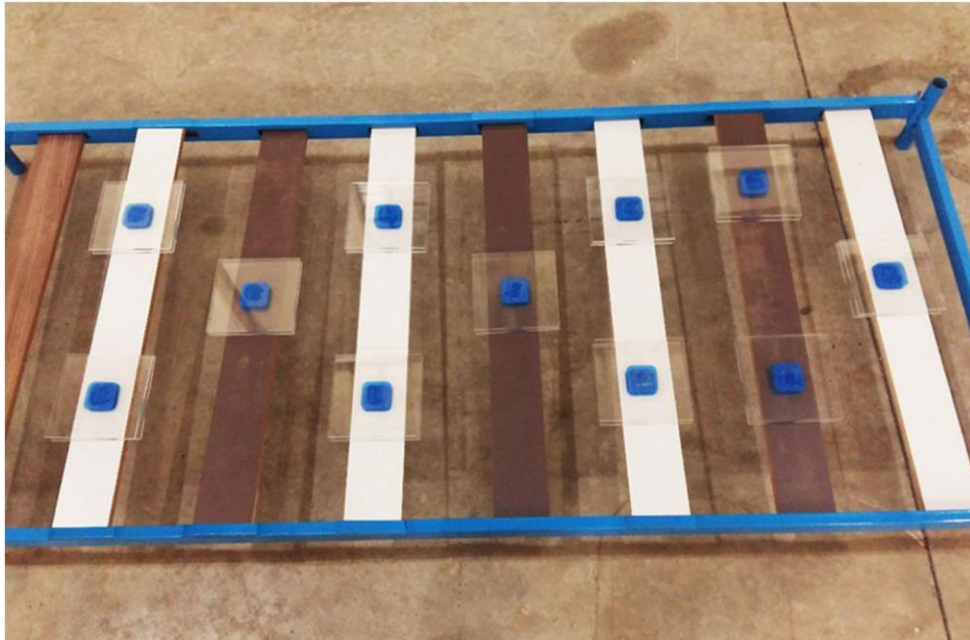


Figura 3: Posicionamento das células sobre a estrutura do leito.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o monitoramento do leito, quando o paciente levanta-se, o alarme dispara como foi citado no decorrer deste projeto, porém precisou realizar uma lógica mais elaborada pois quando pressionado o botão “Tara” e a variável “Peso” recebia valor zero, o alarme disparava mesmo que o paciente não houvesse deitado em seu leito. Este problema foi solucionado de modo que o sistema funcione com essas duas variáveis e o resultado mostrado será a subtração destas em tempo real. E para o disparo do alarme, foi adotado uma carga mínima de 10 Kg a partir do momento que for aferido a tara, portanto quando peso do paciente for inferior a este valor, o alarme irá acionar.

O sistema projetado e desenvolvido teve um custo de R\$ 777,64. Este valor é muito significativo quando comparado a um leito hospitalar com monitoramento que pode ter valores variando em torno de R\$ 30.000,00 a R\$ 95.000,00. Claro que os sistemas implantados nestes leitos são muito mais complexos, porém acredita-se que para um nicho de pessoas que precisam cuidar seus familiares em suas

residências, o sistema de leito monitorado aqui mostrado é uma excelente opção com relação a custo e benefício.

Conclusão

Conclui-se que este projeto tem tornado o monitoramento muito mais fácil e usual já que grande parte da população tem um celular e que nele mesmo pode ser realizada todas as configurações do sistema, tornando assim um sistema de baixo custo quando comparado aos atuais leitos de hospitais e muito prático pois não exige nenhum tipo de fixação ou instalação que precise de alguém capacitado, precisando apenas posicionar o sistema entre a estrutura do leito e o colchão.

O valor deste projeto pode ser reduzido ainda mais caso seja utilizado uma menor quantidade de células de carga que conseqüentemente também irá reduzir o número de módulos amplificadores (HX711) e quantidade de portas analógicas no Arduino. Entretanto deve-se atentar-se ao dimensionamento do peso do paciente do colchão para que não haja sobrecarga no sistema.

Muitas pessoas deparam-se com a difícil situação de ter um familiar acamado em casa, isso ocorre porque em várias condições de internação, o paciente fica exposto às infecções que há dentro dos hospitais.

O principal benefício está na melhora dos cuidados básicos de saúde oferecidos a pacientes que muitas vezes estes necessitam de monitoramento constante, com o uso de aplicativo de monitoramento tornasse o cuidador, mas tranquilo.

O monitoramento de leito é de suma importância para a qualidade de vida dessas pessoas pois um sistema supervisor microcontrolado garante a segurança desses dependentes e não há necessidade de que os cuidadores acordem durante a noite para verificar o dependente, podendo ter maior tranquilidade.

Referências

Balança com célula de carga, HX711 e uma MCU Disponível em: <
<http://www.dobitaobyte.com.br/fazer-balanca-com-celula-de-carga-hx711/>>.
Acesso em: 09 abr.2017

BOYLESTAD, Robert. NASHELSKY, Louis. Dispositivos Eletrônicos e Teoria

de Circuitos. Editora Pretice Hall. 8ª Edição.2004.

Entendendo a Doença de Alzheimer (DA) através de estudos realizados com populações (Epidemiologia). Disponível em: <
http://www.institutoalzheimerbrasil.org.br/demencias-detalhes-Instituto_Alzheimer_Brasil/33/entendendo_a_doenca_de_alzheimer_da_atraves_de_e_estudos_realizados_com_populacoes_epidemiologia>. Acesso em: 09 abr.2017.

CAMARGO, Valter. Elementos de Automação. Editora Érica. 1ª Edição. 2014.

Célula de carga com Arduino e Hx 711. Disponível em: <

<http://datado.tk/tutorial/celula-de-carga-com-arduino-e-hx-711/>>. Acesso em: 09 abr.2017

Childhood Sleepwalking and Sleep Terrors A Longitudinal Study of Prevalence and Familial Aggregation. Disponível em:

<<http://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/2281574>>. Acesso em: 20 Jul.2017

Make Your Weighing Scale Hack Using Arduino and Hx711 Disponível em:

<<http://www.instructables.com/id/Make-your-weighing-scale-hack-using-arduino/>>. Acesso em: 09 abr.2017

MCROBERTS, Michael. Arduino Básico. Editora Novatec. 2ª Edição. 2015.

Os números dos acidentes domésticos no Brasil. Disponível em:

<<http://preveniremcasa.com.br/os-numeros-de-acidentes-domesticos-no-brasil/>>. Acesso em 20 Jul.2017

THOMAZINI, Daniel. ALBURQUEQUE, Pedro. Sensores Industriais. Editora Érica. 1ª Edição. 2005.

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 Aziz 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 paper, 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 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 o 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 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 à 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 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 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 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 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 (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 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.

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.