

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)**

2017 - nº 4

Nota do Editor

Chegamos a mais uma edição da Revista eSALENG, e isto é sempre motivo de muita satisfação para todos. Entretanto, jamais aceitando permanecer em qualquer “zona de conforto”, estamos procurando sempre aprimorar, incrementar, melhorar e otimizar esta publicação, tornando-a em breve avaliada pelo sistema QUALIS CAPES, assim como indexada nos mais reconhecidos portais de publicações científicas como, por exemplo, o WEB OF SCIENCE. Para que isto seja possível estamos reorganizando determinados itens e formatos de publicação, sempre com o objetivo de procurar envolver tanto acadêmicos quanto docentes, não apenas em artigos especificamente originados a partir dos “Trabalho de Conclusão de Curso” (TCC), e sim, procurando englobar outras fontes da produção técnico-científica. Neste sentido, destacamos uma vez mais as modalidades textuais que criamos, ampliando assim o espectro de possibilidades aos eventuais autores. São estas:

- **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

Arquitetura

Educação e Autonomia: considerações sobre o espaço físico escolar	5
--------------------------------------------------------------------------------	----------

Antonio Arnot Queiroz, Crespo, Márcio Barbosa Fontão

Engenharia Civil

Projeto de melhoramento no armazenamento e escoamento de águas pluviais em culturas agrícolas.....	26
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Tiago dos Anjos Golin, André Luís Gamino, Giuliano Mikael Tonelo Pincerato, Ágatha Stela de Moraes

Projeto para readequação de coleta de Águas Pluviais em uma região urbana do município de Piacatu-SP.....	43
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Amanda Neves Teixeira, Larissa Navacchio, Giuliano Mikael Tonelo Pincerato, Natalia Felix Negreiros, Avelino Aparecido Rocha

Análise computacional da interação solo-estrutura em estruturas de diferentes números de pavimentos com fundações do tipo Sapata	56
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Guilherme Henrique Moura , Matheus Munhoz de Souza, Paulo Kioshi Nishikawa, André Luís Gamino, Giuliano Mikael Tonelo Pincerato, Cleverson Arenhart

Análise de técnicas de recuperação de buracos na pavimentação asfáltica da cidade de Araçatuba-SP	76
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Lucas Matheus Guerra Dos Santos, Ágatha Stela de Moraes, Avelino Aparecido Rocha

Dimensionamento de um sistema de captação de água da chuva para uso doméstico	110
--------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Guilherme Luiz Vito, Jhonata Santos Prezotti, Laísa de Souza Castro da Silva, Vinícius Eduardo Garcia Reina, Natália Felix Negreiros, Giuliano M. T. Pincerato, Ágatha Stela de Moraes

Estudo experimental e comparativo das propriedades físicas e mecânicas do concreto reforçado com fibra vegetal e concreto reforçado com fibras de aço	143
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

João Lucas Fernandes de Oliveira, André Luís Gamino, Giuliano Mikael Tonelo Pincerato, Cleverson Arenhart

Comparativo da eficiência de contraventamentos em um edifício estrutura em aço	162
---------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Diego Rodolfo Alves, Wilker Rafael Silva, Cleverson Arenhart, Avelino Aparecido Rocha, Giuliano Mikael Tonelo Pincerato

Estudo de viabilidade na execução de uma construção de alvenaria estrutural ou parede de concreto para edificação multifamiliar	180
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Daniele Piacente Rosato, Douglas Piacente Rosato, Marcos Vinicius Roldão Wandekin, André Luís Gamino, Ágatha Stela de Moraes

Ensaio de resistência à compressão e propriedades mecânicas de corpos de provas cilíndricos do solo cimento celular em comparação ao concreto convencional, concreto celular e solo cimento 197

Brenda Thaina Ferreira Rodrigues, Eriovaldo Pereira da Silva, Thiago Martins Gandolfi, Wendell Sigoli Rizzo, Cleverson Arenhart, Avelino Aparecido Rocha

Erros de execução e patologias em obras civis no município de Fernandópolis – SP 218

Flávio Ventura da Silva Araújo , André Luís Gamino, Giuliano Mikael Tonelo Pincerato, Cleverson Arenhar

Engenharia de Bioprocessos

Produção de biogás proveniente de vinhaça 235

Dayane Ariela Murari Correia, Fernanda Cristina Firme, Júlia Gonçalves Barretto, Joice Fernanda Di Caprio, Natalia Felix Negreiros, Denise Junqueira Matos

Produção e análise sensorial de cervejas artesanais com substituição parcial do malte 244

Ítalo Martinez Garcia, Leonardo Cecato Brito , Lucas Edson Palamim, Rosemeire Conceição Parra Pastor, Andréa Fontes Garcia, Priscila Aparecida Vieira Moraes

Contribuições dos avanços da genética para a área da saúde e agropecuária 260

Ingrid Rafaela Overa, Denise Junqueira Matos, Eliane Patrícia Cervelatti

Desenvolvimento de um jogo de mesa como ferramenta lúdica no processo de aprendizagem, sobre recursos hídricos, para adolescentes 275

Diogo Kazu Queiroz, Rony Felipe Gadagnotto, Natalia Felix Negreiros, Denise Junqueira Matos

Engenharia da Computação

Desenvolvimento de softwares supervisor e embarcado para ambiente de microgravidade controlada 286

Crisman Penalva Santos, Edval Rodrigues de Viveiros, Alexandre Marcelino da Silva

Autenticação de usuários com dinâmica de digitação 307

Bruno Henrique Panassi, José Carlos Saliba Moimaz, Giovani Gomes Martins, James Clauton da Silva, Sergio Luiz Tonsig

Química

Avaliação Físico-Química da Qualidade do Vinho Tinto de Mesa Suave Nacional Comparado ao Vinho Tinto de Mesa Suave Estrangeiro 319

Kálita Martioli Macedo, Rosa Valéria Abreu Rowe, Cátia Cândida de Almeida

Engenharia Mecânica

Desenvolvimento de equipamento para análise de corrosão por ensaio destrutivo – Névoa salina 334

Cristiano Fiumari Steluti, Danilo Gomes Augusto, Francine Matos Pereira de Souza, Gustavo Borges Torresan, Matheus Mendes Salesse, Rômulo José Nicolau, Odilon Caldeira Filho

Desenvolvimento de suporte hidropneumático para manutenção em câmbio de linha pesada 343

Caio Henrique Fernandes, Cauê César Ferres Messias, Douglas Almeida da Silva, Fernando Alves de Lima, Maria Juliana Marques Castilho, Welliton Ribeiro Silva, Thiago Santana Aranha, Daniel Lucas de Oliveira, Odilon Caldeira Filho

Exoesqueleto para membros inferiores 358

Chaira Parpinelli Ferreira, Débora da Costa Gandra, Erick Vinicius Demarque Scarpim, Lincon M. T. Kawaguishi Junior, Marcio Cristiano da Silva Narcizo, Mike Vinicius de Souza, Edval Rodrigues de Viveiros, Rodrigo de Andrade Simon, Fernando Alves Henrique Benedito

Engenharia Elétrica

Inversor de Frequência para Ar Condicionado 386

Lucas Matheus de Carvalho Soares, Luiz Fernando Silva Santos, Renan Inacio Rocha, Yuri Oliveira Amorim, André Luiz Miyahara Takahashi

Vagas de estacionamento controlada por rede sem fio (via ZigBee) 397

Norton Vinicius da Silva Souza, Roger Cardoso Bernardino, Amadeu Zanon Neto

Qualidade da energia em geração distribuída fotovoltaica 412

Diogo Henrique Barbosa de Souza, Gilson Carlos Alves Mansinato, Marcela Buzati Kasia, Pamella Laleska Polido, Giuliano Pierre Estevam

Qualidade da energia fotovoltaica em sistemas elétricos conectados a rede 420

Antonio Alessandro Rosselli, Giovanni Magione dos Santos, Nicoli Maçaria Garcia, Edval Rodrigues de Viveiros

Educação e Autonomia: considerações sobre o espaço físico escolar

Antonio Arnot Queiroz Crespo^I

Márcio Barbosa Fontão^{II}

Resumo: O ambiente escolar tem papel fundamental na formação do sujeito, visto que nossa infância é vivida em grande parte no contexto da escola. Ideias pedagógicas, prática profissional do professor, ambiente físico, e uma série de outros aspectos estão intrinsicamente associados uns aos outros formando o conjunto daquilo que conhecemos como ambiente escolar. Esse artigo pretende estudar a ideia de autonomia pedagógica e espaço físico escolar, relacionando-os e revelando semelhanças, visando aproximar práticas da educação e arquitetura ao tema da autonomia do estudante. O trabalho inicia com uma breve introdução a partir de obras de Paulo Freire, passando por dois estudos de caso, Escola da Ponte em Portugal e da Fuji Kindergarten no Japão. Na última parte, as experiências pedagógicas e arquitetônicas dos estudos de caso são relacionadas, resultando em considerações sobre uma prática arquitetônica que caminhe ao lado de uma pedagogia que estimule a autonomia dos estudantes.

Palavras-chave: Educação, Arquitetura escolar, Pedagogia da Autonomia, Escola da Ponte, Fuji Kindergarten.

1- INTRODUÇÃO

Todos os ambientes afetam – para o bem ou mal – a produção de subjetividade dos sujeitos, e no caso do ambiente escolar a regra não é diferente. É comum que os relatos sobre nossa infância incluam a escola como o cenário recorrente de nossas experiências, já que passamos boa parte de nossas vidas dentro de um espaço repleto de significados, valores e experiências afetivas. Azevedo¹ aponta que o ambiente físico escolar manifesta

^I Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba

^{II} Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

¹ AZEVEDO, Giselle Arteiro Nielsen: *Arquitetura Escolar e Educação: Um Modelo Conceitual de abordagem Interacionista*. Escola de Engenharia da Universidade do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, 2002.

uma dinâmica de relações que extrapola a simples noção de espaço tridimensional, e passa a ter uma significação de lugar, reconhecido e vivenciado por seus usuários.

De modo bastante objetivo, Frago² diz que o espaço sempre educa. Na mesma direção, Escolano defende que a escola também carrega uma série de significados que determinam ações e legitimam certas narrativas, já que propõe “padrões culturais e pedagógicos que a criança internaliza e aprende” (ESCOLANO, 2001, p. 45). Indo além, a arquiteta Doris Kowaltowski ressalta que esses significados não são internalizados somente pelos alunos, mas também “os funcionários podem se sentir mais valorizados e motivados em edifícios bem projetados” (KOWALTOWSKI et al, 2011, p. 273).

Até aqui parece claro que o modo como o homem percebe, organiza e se apropria do espaço é muito importante para o desenvolvimento de sua capacidade intelectual. Se depois do ambiente do lar, a escola é o primeiro lugar que insere a criança numa experiência coletiva, assumindo um importante papel no seu desenvolvimento, a discussão sobre o espaço físico escolar deve ser tema central nas pesquisas sobre educação. Então cabe a questão sobre como seriam os edifícios apropriados para o ambiente escolar? Quais as soluções espaciais que podem aperfeiçoar a qualidade de ensino e aprendizagem?

Neste ponto é importante ressaltar que o edifício tem um papel secundário no processo pedagógico. Por isso, antes de responder quais soluções arquitetônicas agregam valor ao ambiente de ensino, outra pergunta deve ser feita: Qual é o tipo de ensino, ideais, valores e pedagogias que serão aplicados nesse espaço físico? De imediato, o tipo ideal é qualquer um que não seja o que é atualmente aplicado nas escolas brasileiras, já que os índices de desempenho dos alunos mostram-se recorrentemente insatisfatórios.

Em seu livro: *Pedagogia da Autonomia*, o educador Paulo Freire³ aponta que, lamentavelmente, o ensino é visto como uma transmissão do saber de conteúdos, e essa é uma visão estreita sobre o que é educação e o que é aprender. Freire afirma que “o

² FRAGO, A. V. e ESCOLANO, A.; *Currículo, espaço e subjetividade: A arquitetura como programa*. Rio de Janeiro, Editora DP & A, 1998.

³ FREIRE, Paulo; *Pedagogia do Oprimido*; Editora Paz e Terra; Rio de Janeiro; 17ed 1987.

respeito à autonomia e à dignidade de cada um é um imperativo ético e não um favor que podemos ou não conceder uns aos outros” (FREIRE 1996, p. 25). É a partir desta ideia de educação que este artigo se desenvolve e propõe que a educação seja vista.

No primeiro capítulo, este trabalho discorre sobre o conceito de autonomia nas escolas e vai buscar referências no trabalho de dois educadores. Paulo Freire será convocado para auxiliar a fundamentação teórica deste artigo e fornecerá ao longo do capítulo 1 as bases para a compreensão de autonomia na educação.

Assim que o tema for claro, este estudo caminha para o segundo capítulo e busca no caso da Escola da Ponte os dispositivos que corroboram para uma pedagogia participativa e autônoma. Nesse momento, a obra de do educador Rubem Alves será utilizada como bibliografia fundamental para a análise de uma pedagogia e as compatibilidades com o espaço físico.

O terceiro capítulo tem como principal objetivo encontrar alguns dispositivos arquitetônicos que materializam os conceitos levantados nos capítulos anteriores, e principalmente no que diz respeito à Escola da Ponte. Para balizar a busca destes dispositivos, foi utilizado um estudo de caso de uma escola que teve seu espaço físico projetado especialmente para estimular a autonomia e iniciativa dos estudantes: a Fuji Kindergarten dos arquitetos japoneses Tezuka Architects, Kashiwa Sato e Masahiro Ikeda.

O quarto e quinto capítulo são destinados às considerações gerais e tem como objetivo sintetizar as ideias obtidas através deste estudo. Nesta etapa a pergunta inicial sobre como seriam os edifícios apropriados para o ambiente escolar é retomada e respondida; visto a dimensão do referente trabalho, não é possível fazer conclusões aprofundadas sobre o tema, de modo que em detrimento de um fechamento de ideia e exposição de dados objetivos obtidos, este artigo terá como consideração final de sua pesquisa um texto sugestivo que pode estimular outros trabalhos mais específicos e de maiores dimensões.

2- UM BREVE RELATO SOBRE A PEDAGOGIA DA AUTONOMIA

Compreender o significado da autonomia no processo pedagógico é muito importante para que eventuais críticas sejam esclarecidas. A principal desconfiança por parte daqueles que se opõem ao método discutido aqui é com relação à organização e estruturação do ambiente escolar. Acredita-se que uma escola que estimule a autonomia e iniciativa por parte dos alunos está fadada a tornar-se refém das decisões e escolhas dos mesmos, quando na realidade, essa afirmação não é verdadeira. Uma rápida análise nas escolas brasileiras comprova que mesmo sob “as rédeas” do modelo pedagógico tradicional, nosso sistema escolar está claramente distante da organização e estruturação idealista a qual se propõe.

O desafio de construir um modelo pedagógico eficiente não é fácil. Ao longo dos anos, muitos pensadores e educadores propuseram diversos métodos que buscavam formar cidadãos de acordo com seus respectivos objetivos. A seguir, alguns modelos que foram implantados em diversas partes do mundo serão expostos de modo bastante breve e não visam um reconhecimento crítico. O objetivo desta exposição é situar historicamente o modelo pedagógico defendido por este estudo.

De maneira bastante simples, podemos dividir as ideias pedagógicas em três campos históricos: educadores, precursores e revolucionários. Os primeiros são categorizados como educadores pelo fato de que educação não é o mesmo que pedagogia. Azevedo⁴ ressalta que a primeira resume-se a uma ação enquanto a segunda apresenta-se como a teoria, ou seja, o conjunto de dispositivos e técnicas a seguir para que a educação seja eficiente. Quando Carvalho⁵ aponta que a educação infantil é uma preocupação que começa na antiguidade, podemos incluir na primeira categoria o processo educativo da sociedade primitiva.

Os precursores já entendem a educação como um processo teórico que ultrapassa a reprodução de costumes e exige certo tipo de conhecimento mínimo comum. Gadotti⁶ aponta que a teoria pedagógica mais antiga que se tem informação vem do pensamento

⁴ AZEVEDO, *ibidem*.

⁵ CARVALHO, Telma Cristina Pichioli de; *Arquitetura escolar inclusiva: construindo espaços para a educação infantil*. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; São Carlos, 2008.

⁶ GADOTTI, Moacir; *História das Ideias Pedagógicas*; São Paulo; Editora Ática, 1998.

oriental e é organizada no *Taoísmo*. Neste mesmo nicho, poderíamos incluir o pensamento da antiguidade clássica, o pensamento pedagógico medieval passando pelo renascimento até a formação do pensamento pedagógico moderno. Nesse último período, João Amós Comênio (1592-1670) com o pensamento pedagógico moderno, René Descartes (1596-1650) com o Discurso do Método, Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), Henri Pestalozzi (1746-1827), Johann Friedrich Herbart (1776-1841) ambos com o pensamento pedagógico iluminista e Friedrich Fröebel (1782-1852) o criador dos jardins-de-infância, foram alguns dos principais autores sobre o tema.

Por fim, os revolucionários são os pensadores que propõem uma Escola Nova que critica os métodos da escola autoritária e disciplinadora, tirando do aluno o papel passível de ouvinte para assumir um papel verdadeiramente ativo, participativo e descobridor das respostas a partir do próprio caminho. Como aponta Azevedo⁷, a figura do professor como único transmissor de verdades absolutas, é substituída por um papel mais de orientador e facilitador da aprendizagem.

Essa nova escola surge no final do século XIX e início do século XX e seus principais autores foram Maria Montessori (1870-1952) criadora da *casa dei bambini*, Ovide Decroly (1871-1931) um dos principais nomes do “escolanovismo”, John Dewey (1859-1952) com o pensamento pedagógico da escola progressiva, Édouard Claparède (1873-1940) criador da lei do exercício funcional da infância, Jean Piaget (1896-1980) com o pensamento pedagógico construtivista, Lev Semenovich Vigotsky (1896-1934) com o pensamento pedagógico histórico-cultural, na perspectiva do materialismo histórico dialético, Célestin Freinet (1896-1966) com o pensamento pedagógico antiautoritário e por fim, Paulo Freire (1921-1997) com o pensamento pedagógico progressista brasileiro.

Desses autores, interessa a este trabalho compreender melhor as ideias de Paulo Freire, e por consequência, um pouco da obra de Vigotsky, já que a abordagem sociocultural vigotskyana encontra em Freire um dos seus principais mentores. Freire argumenta que o homem nunca participará da história, da sociedade e da transformação social se não tiver condições de tomar consciência da realidade e capacidade em transformá-la. Por

⁷ AZEVEDO, idbem.

isso defende que o objetivo primeiro de toda a educação seja o de dar condições para que cada um tome essa consciência.

Em seu livro *Pedagogia do Oprimido*, Freire escreve que a situação ensino-aprendizagem não deve nunca estabelecer-se numa relação de opressor-oprimido, e por isso a relação professor-aluno é sempre horizontal e não imposta. O professor passa a ser o mediador e responsável em criar condições para que o aluno passe a perceber as contradições da sociedade em que vive. Este ideal fica claro em uma de suas frases mais reproduzidas pelo mundo: “ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (FREIRE, 1970, p. 39).

Os fundamentos dessa pedagogia são os princípios da ética, do respeito à dignidade e do estímulo à autonomia dos estudantes, o que implica em uma profunda abertura à diversidade dos saberes que cada estudante trás de suas experiências pessoais e que se torna o ponto de partida para as trocas educativas. Como qualquer outro saber, essa pedagogia exige um exercício permanente da consciência de que o professor também é um aprendiz, e que não apenas pode, mas deve aprender com o aluno. Tudo isso é fundamental como ponto de partida para que questões sobre autoritarismo na prática pedagógica sejam levantadas e possam ser criticadas.

Essa prática provoca os estudantes a se assumirem como sujeitos do seu processo de construção do conhecimento é que podemos falar de respeito à dignidade, ética e autonomia. Para o autor, alunos não podem jamais ser expectadores de sua aprendizagem, mas protagonistas, sempre sob a responsabilidade de um professor que estabelece uma relação de aprendizagem com o aluno. A competência técnica, científica e o rigor – do qual o professor não deve abrir mão em seu trabalho – não são incompatíveis com a amorosidade necessária à pedagogia. Não é educativa uma relação em que o aluno tem medo do professor.

Nesse sentido a gente observa a importância da solidariedade como um princípio ético das práticas pedagógicas, e por isso, Freire nos ensina a assumir uma postura vigilante contra todas as práticas de desumanização nas relações educativas. Essas práticas estão muitas vezes dentro de um discurso neoliberal e que coloca o aluno num ambiente de

competição, de busca pelo sucesso individual em detrimento do coletivo, e da procura por uma vaga no mercado de trabalho. Essas práticas, segundo o autor, desumaniza o aluno e devem ser substituído pelos valores da solidariedade, respeito, colaboração, ética, criatividade, pelo gosto da experimentação, pelo risco, pela inovação e por fim pela própria autonomia. Toda prática voltada para a adaptação, adestramento e desumanização devem ser combatidas.

Freire aponta que “não há docência sem discência, as duas se explicam e seus sujeitos, apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem à condição de objeto, um do outro” (FREIRE, 1996, p.12). Isso aponta para uma relação horizontal entre aluno e professor, aonde o processo de ensino é simultaneamente um processo de aprendizagem. Esse princípio parte do ponto de vista de uma educação não autoritária, mais democrática e que entende o valor pedagógico do diálogo.

A partir disso, surge a crítica ao que ele chama de “educação bancária”. Essa prática restringe a formação ao ato de depositar informação no aluno e esperar que ele a conserve. Esse modelo, segundo o autor, deforma tanto a criatividade do aluno quanto a do professor, mas como remediação a essa prática, alguns alunos conseguem se rebelar e superar o ensino bancário. Para Freire, o gosto pela rebeldia e a chama da criatividade que imuniza o estudante a esse ensino de passividade. “Neste caso, é a força criadora do aprender de que fazem parte a comparação, a repetição, a constatação, a dúvida rebelde, a curiosidade não facilmente satisfeita, que supera os efeitos negativos do falso ensinar” (FREIRE, 1996, p.13).

O contexto de uma prática que prestigie a liberdade e a autonomia dos estudantes pode sugerir a ideia de um ambiente escolar desorganizado e sem controle. Isso pode não ser verdade, mas neste ponto é importante ressaltar que Freire não defende a liberdade gratuita. Em um trecho do terceiro capítulo, o autor reconta o caso de um jovem que o questionou sobre certa atitude tomada durante sua prática como professor.

“Disse, constrangido, ter se oposto a que aluno de outra classe continuasse na porta entreaberta de sua sala, a manter uma conversa gesticulada com uma das alunas. Ele

tivera inclusive que parar sua fala em face do descompasso que a situação provocava” (FREIRE, 1996, p. 40).

Em resposta, freire disse ressalta que a atitude tomada foi justa, já que “licencioso teria sido se tivesse permitido que a indisciplina de uma liberdade mal centrada desequilibrasse o contexto pedagógico, prejudicando assim o seu funcionamento” (FREIRE, 1996, p. 40). O autor ressalta que para ele a liberdade não está acima de tudo, justamente por apostar nela e saber que sem limite ela é tão negada quando a falta dela. O amadurecimento da liberdade acontece no confronto com outras liberdades.

Evidente que nem sempre as crianças ou os adolescentes – como aponta precisamente Freire – tomam a melhor decisão com relação ao futuro, e por isso é necessário que os pais estejam cientes da discussão sobre o futuro dos filhos. A omissão não é uma alternativa sensata, mas entender que o futuro é dos seus filhos e não seus é fundamental. Freire defende que é

“preferível, para mim, reforçar o direito que tem a liberdade de decidir, mesmo correndo o risco de não acertar, a seguir a decisão dos pais. É decidindo que se aprende a decidir. Não posso aprender a ser eu mesmo se não decido nunca, porque há sempre a sabedoria e a sensatez de meu pai e de minha mãe a decidir por mim” (FREIRE, 1996, p.41).

Toda decisão é um ato de responsabilidade e sendo criança ou adulto está sujeita a riscos esperados, pouco esperados ou inesperados. Freire defende que os pais devem esclarecer aos filhos que a sua participação no processo de tomada de decisão não é uma invasão, mas um dever de pais, desde que não assumam o papel de decidir por eles⁸. O papel dos pais deve ser, sobretudo de mediador e analisador das possíveis consequências da decisão tomada.

⁸ FREIRE, Paulo; *Pedagogia da Autonomia: saberes necessário à prática educativa*; São Paulo; Editora Paz e Terra, 1996.

Esse processo de transferência de responsabilidade dos pais para os filhos é fundamental pois coloca diante da criança a obrigação de raciocinar eticamente e a partir disso se sentir responsável pelo sua decisão, estimulando um comportamento autônomo. Freire ressalta que “ninguém é autônomo primeiro para depois decidir” (FREIRE, 1996, p.41). O processo de construção da autonomia vai acontecendo a partir das diversas experiências do sujeito e esse comportamento não pode ser sublimado da prática escolar nem por autoritarismo tampouco por omissão. É neste sentido que uma pedagogia da autonomia tem de estar centrada em experiências estimuladoras da decisão e da responsabilidade, vale dizer, em experiências respeitadas da liberdade.

No próximo capítulo será apresentada uma experiência prática de uma pedagogia que estimula a autonomia dos alunos. É o caso bem sucedido da Escola da Ponte em Portugal.

3 – A EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA NA ESCOLA DA PONTE, PORTUGAL

Em detrimento de uma apresentação técnica sobre a experiência da Escola da Ponte, este capítulo de apropriará de textos do pedagogo Rubem Alves, que assim como Paulo Freire tinha grande apreço pela autonomia. Isso garantirá que a análise siga na mesma direção pela qual este trabalho foi iniciado.

A "Escola da Ponte" localiza-se na cidade de Vila Nova de Famalicão e é dirigida por José Pacheco. Esta análise pretende esclarecer a prática pedagógica desta instituição e ressaltar alguns elementos do espaço físico do local. Entretanto, visto que o edifício ocupado pela escola não foi projetado a priori para receber essa metodologia, um próximo capítulo será dedicado para a análise de uma escola especialmente projetada para isso. Por hora, este capítulo parte da experiência de Rubem Alves. Quando o autor chegou pela primeira vez na escola, teve como guia uma aluna de uns 10 anos. Antes de entrar no lugar onde as crianças estavam ela parou e deu as primeiras explicações que segundo o autor, tinham como objetivo, amenizar a surpresa.

Todos nós sabemos como é e como funciona uma escola. Salas de aula, em cada classe um professor, o professor e tão somente o professor explicando a matéria prevista nos programas oficiais, as crianças aprendendo. De tempo em tempo soa uma campainha, e

todos sabem que muda-se de disciplina, de professor e assim funciona a linha de montagem que chamamos de escola.

Segundo a aluna⁹ que guiou o autor durante sua visita, na Escola da Ponte não existem classes separadas em série, como 1º ano, 2º ano, 3º ano... As aulas não são tradicionais nas quais um professor ensina a matéria e os alunos aprendem. São formados pequenos grupos com interesse comum por assunto, e a partir da orientação da professora, fica estabelecido um programa de trabalho que dura 15 dias e o conteúdo e local da pesquisa do material sobre o tema. Ao final dos 15 dias o grupo volta a se reunir e é feita uma avaliação do que foi aprendido. Caso o conteúdo seja adequado, o grupo se dissolve, formando-se um outro para estudar um próximo assunto. Exatamente nesse momento, a aluna abriu uma porta e Alves viu algo que o causou espanto.

“Era uma sala enorme, enorme mesmo, sem divisões, cheia de mesinhas baixas, próprias para as crianças”. As crianças trabalhavam nos seus projetos, cada uma de uma forma. Moviam-se algumas pela sala, na maior ordem, tranquilamente. Ninguém corria. Ninguém falava em voz alta. [...] Notei, entre as crianças, algumas com síndrome de Down que também trabalhavam. As professoras estavam assentadas com as crianças, em algumas mesas, e se moviam quando necessário. Nenhum pedido de silêncio. Nenhum pedido de atenção. Não era necessário” (ALVES, 2003, p.4)

Num determinado momento o autor notou outra aluna que escrevia enquanto consultava um dicionário. Ao questioná-la se procurava uma palavra desconhecida, teve como resposta que não. Nesta ocasião, a aluna escrevia um texto para os alunos menores e provavelmente eles não conheciam o significado, por isso, ela fazia um dicionário ao pé da página para que eles compreendessem o que estava escrito. Essa

⁹ ALVES, Rubem; A escola com que sempre sonhei sem imaginar que pudesse existir; Campinas; Ed. Papirus, 2003.

prática permite às crianças que sabem de ensinarem as crianças que não sabem, numa rotina diária de compartilhamento do aprendizado. Este empreendimento comunitário é mais do que uma expressão de solidariedade, é, sobretudo aprender valores e ética.

Fixados em uma parede, dois quadros de avisos diziam: "Tenho necessidade de ajuda em..." e, no outro: " Posso ajudar em..." Ou seja, qualquer criança que tenha dificuldades em determinado assunto pode escrever ali em que precisa de ajuda e o seu nome. Um outro colega, vendo o pedido, vai ajudá-la. Da mesma forma, qualquer criança que se ache em condições de ajudar em algum assunto, escreve ali o assunto em que se julga competente e o seu nome. A decisão de ser ajudado e ajudar é do aluno, e nesse simples ato, vai-se se formando uma rede de relações solidárias e consciência da construção coletiva do conhecimento.

Os problemas de indisciplina são levados a um tribunal comum, formado pelos alunos que aplicam penas como pensar por três dias sobre os atos que fugiram das regras de convivência. Semanalmente, uma assembleia de alunos se reúne para tratar dos problemas da escola e sugerir soluções.

Um programa pedagógico não significa uma boa aula. Roland Barthes escreve que o espaço é seu ideal de aula¹⁰. Ao citar Barthes, Alves escreve que o espaço que a criança brinca ao redor da mãe é o ideal para o ambiente da aprendizagem.

“A criança pega um botão leva para a mãe. A mãe ri, e faz um corrupio [...]. Pega um pedaço de barbante. Leva para a mãe. A mãe ri e lhe ensinar a fazer nós. Ele conclui que o importante não é nem o botão nem o barbante, mas esse espaço lúdico que se ensina sem que se fale sobre ele” (ALVES, 2003, p.12).

Esse espaço escrito por Barthes e descrito por Alves é materializado na Escola da Ponte, mesmo que de maneira improvisada já que o edifício não foi projetado para seguir esta metodologia. O mais importante, segundo o autor, é esse espaço. Nas escolas brasileiras

¹⁰ ALVES, Rubem; A escola da Ponte; Correio Popular; Campinas; 2000

as salas são separadas, os locais hierarquizados e os saberes ministrados em tempos definidos. Precisamente, Alves afirma: “Ah! Uma vez cometido o erro arquitetônico, o espírito da escola já está determinado! Mas nem arquitetos nem técnicos da educação sabem disso...” (ALVES, 2003, p.13). Na Escola da Ponte o mesmo local é compartilhado e ensina que todos compartilham o mesmo mundo.

Pacheco¹¹ aponta que o projeto arquitetônico da Escola da Ponte desempenha um importante papel na concretização dos objetivos do projeto.

“Nesta escola não há salas de aula e não há aulas. Um espaço pode, no princípio de um dia de trabalho, acolher o trabalho de grupo, pode servir a expressão dramática, a meio da manhã, e pode receber, no fim do dia, as crianças que vão participar no debate. Num mesmo dia, o polivalente pode ser um espaço de cantina, de assembleia, de expressão dramática, de educação físico-motora...” (PACHECO, 2004 p.95 in MARTINHO, 2010 p. 17).

Agora, como seria uma escola contemporânea de espaço aberto projetada especialmente para esta prática de estímulo à autonomia? É o que está posto no próximo capítulo.

4- A EXPERIÊNCIA ARQUITETÔNICA NA FUJI KINDERGARTEN, JAPÃO

A prática de concepção de um edifício escolar é bastante complexa. O prédio que abrigará um local de ensino possui não somente uma significação social mas torna-se um símbolo educacional relevante no processo educativo. A partir dessa realidade, as relações que ocorrem entre espaço e usuário são fundamentais para a adequação do edifício escolar à proposta pedagógica adotada, uma vez que, será ali que o estudante se desenvolverá, criando sua relação com o mundo e com as pessoas. A partir desse

¹¹ PACHECO, José (2004). “Uma escola sem muros”. Em: MARTINHO, Miguel. Área aberta como conflito entre pedagogia(s) e arquitectura. Lisboa; 2010.

fenômeno, seu conhecimento é construído num longo processo evolutivo, alcançando novos níveis de conhecimento¹².

Fuji Kindergarten é uma escola de primeiro grau projetada na cidade de Tóquio. O conceito principal do projeto, segundo o arquiteto responsável é criar um ambiente de liberdade, no qual as crianças são protagonistas do seu aprendizado. O telhado da escola em forma oval funciona como um playground infinito, com direito a árvores que crescem em meio às salas de aulas. Segundo o arquiteto Takaharu Tezuka¹³ a escola foi projetada como um círculo que permite uma caminhada infinita do aluno.



Figura 1 - Foto da Fuji Kindergarten. Detalhe para o formato ovalado da cobertura.

O valor simbólico do círculo é muito forte no neste projeto. Em círculos vivemos e convivemos e nos aproximamos das pessoas, criamos laços de afeto, de trabalho, de estudo. No bojo desta filosofia, as claraboias da cobertura são elementos importantes para o conjunto da obra. Não servem apenas como elementos funcionais que garantem maior iluminação ao interior das salas. Elas estimulam certo grau de curiosidade das

¹² AZEVEDO, *ibidem*.

¹³ HA, Thu-Houng; Inside the world's best kindergarten. Disponível em: <http://ideas.ted.com/inside-the-worlds-best-kindergarten/>. 23/04/2015. Data de acesso: 25/09/2015.

crianças que segundo o arquiteto, não se cansam de procurar pelos amigos e pelas cenas inusitadas quando se aproximam. “Quando você olha para baixo, você sempre vê sempre as crianças olhando para cima a partir de baixo” (TEZUKA, 2015).



Figura 2 - Foto da claraboia vista do piso das salas de aula.

Dentro do edifício, a solução mais notável do projeto é a forma como as salas de aulas se organizam. Com exceção dos banheiros, nenhum ambiente possui parede, e isto permite uma circulação livre dos alunos. O barulho flui livremente de uma classe para outra, de fora pra dentro e isso não parece ser um problema grave para os professores e responsáveis. O arquiteto considera o ruído muito importante para as crianças, e aponta que quando elas são colocadas em uma caixa silenciosa, algumas podem ficar muito nervosas e agitadas.

Dentro das salas de aula, o mobiliário contribui para a prática de uma educação que exige certo grau de flexibilidade. As mesas foram desenhadas em formato trapezoidal e permitem inúmeras configurações diferentes, possibilitando o ajuste da sala de acordo com cada momento. Outra solução muito importante é encontrada no desenho de 600 caixas em madeira leve usadas para separar e organizar as salas de aula. Entretanto,

elas servem para que as crianças sentarem, subirem, empilharem ou até mesmo transformarem em um trem, entrando nas caixas.

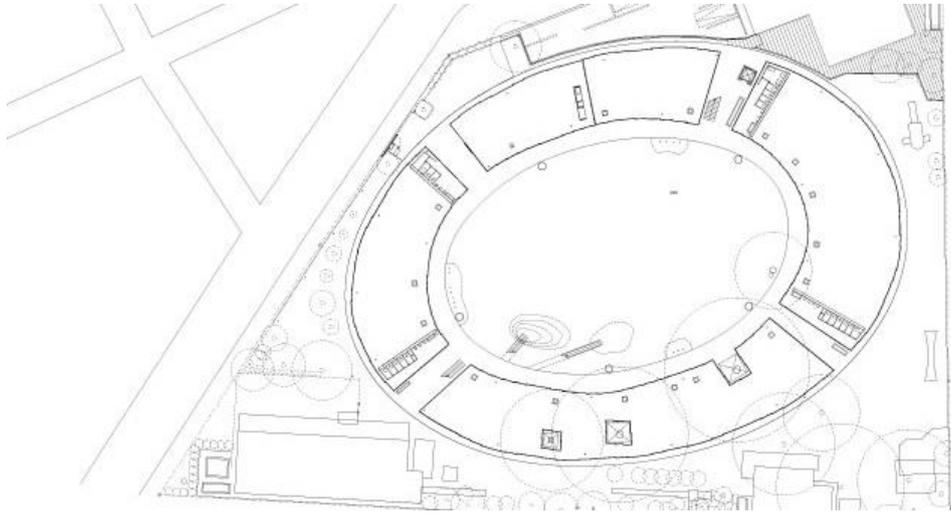


Figura 3 - Planta baixa das salas de aula (ambientes sem paredes).



Figura 4 - Mesas e caixas flexíveis.

O arquiteto responsável encontrou uma maneira criativa de proporcionar encontros entre as crianças a partir da criação de bebedouros instalados em cada sala.

Diferentemente dos bebedouros comuns das escolas que são enfileirados e as crianças ficam lado a lado, estes são projetados num formato quadrado e permitem que quatro crianças acessem a água de modo simultâneo e se organizem para beber ou lavar as mãos.



Figura 5 - Bebedouro.

Um fator muito importante desta escola é a relação entre o pátio e a sala de aula. A experiência da Fuji Kindergarten mostra que é possível estreitar essa relação e abrir as salas de aula para que ela se torne pátio e que o pátio se torne sala de aula. Isso permite que as crianças entendam cada vez mais que o local de aprendizado não se restringe ao coberto e fechado, mas também a tudo que é fora da sala de aula. Essa solução contribui muito para o desenvolvimento social das crianças.

Segundo o diretor da escola, quando uma criança inquieta não quer assistir a aula, é permitido que ela saia, e caminhe pela escola e acabará voltando, pois o projeto é circular. Geralmente quando saem das salas, crianças tendem a se esconder para não

serem encontradas, aqui elas apenas saem e voltam como um processo natural¹⁴. A troca de ruídos entre exterior e interior é fundamental.

A próxima imagem (Figura 6) mostra o deslocamento de um menino durante o período de vinte minutos. Considerando a circunferência da escola é de 183 metros, foram percorridos 6 mil metros por essa criança. É possível verificar que apesar de ter percorrido por toda a escola, as atividades mais frequentes aconteceram na parte sul do edifício, onde provavelmente estava reunido o grupo do qual ele pertence. O diretor responsável pela escola aponta que as crianças não são controladas e protegidas durante o tempo que estão lá. Enquanto correm soltas pela cobertura elas aprendem a assumir os riscos e a viver no mundo real.

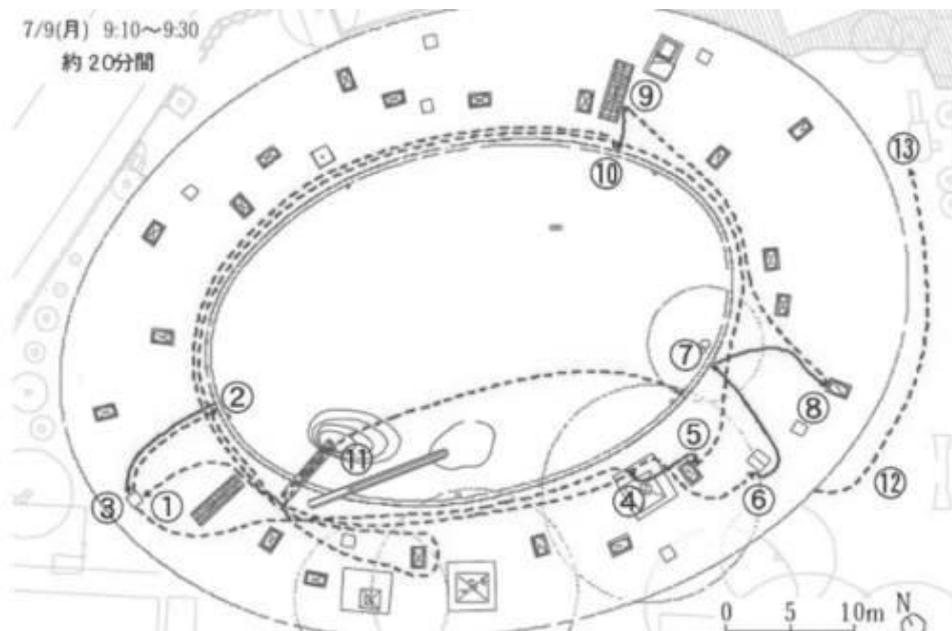


Figura 6 - Mapa de circulação de um aluno.

¹⁴ TEZUKA, Takeharu; http://www.ted.com/talks/takaharu_tezuka_the_best_kindergarten_you_ve_ever_seen?language=pt-br#t-212408; Acesso em 29/08/2015.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica das relações que fazem parte do ambiente escolar, na maior parte das vezes é bem distante da realidade dos profissionais de arquitetura e engenharia. Isso torna a tarefa do projeto mais difícil, chegando a um resultado projetual insatisfatório, no qual os resultados não oferecem soluções espaciais adequadas à proposta pedagógica. Esse fato se intensifica quando os projetistas descobrem que as escolas não são todas iguais e cada uma aplica uma prática pedagógica diferente de outras. A partir desta constatação, a primeira consideração que pode ser feita é que se buscamos interferir numa realidade, em busca do bem estar e otimização do espaço e do usuário, é indispensável que projetistas, sejam arquitetos ou engenheiros se aprofundem sobre os significados do espaço escolar.

Estes espaços devem proporcionar experiências de impacto estético positivo; adaptar-se ao contexto; serem convidativos e confortáveis; atenderem às necessidades e serem responsáveis ambientalmente. A boa arquitetura deve incorporar de forma ponderada aspectos da estética, da funcionalidade, da economia e da viabilidade construtiva, expressos não somente pelo conhecimento técnico mas também pelos desejos e exigências dos usuários.

Assim como Freire apontou que toda a prática educacional é política, o mesmo vale para os edifícios. Todos os edifícios são políticos. A questão central é que tipo de ideia o edifício escolar transmitirá aos seus frequentadores. Após este curto estudo, sugere-se três pilares para edifícios escolares em pedagogias alternativas. Estes são nomeados como estímulos e inicia-se com a horizontalidade, passando pelo estímulo à rebelião e por fim a criatividade. Estes três elementos serão descritos nessa breve consideração final.

O estímulo a horizontalidade não se refere à solução volumétrica do edifício, ou seja, não propõe que os edifícios escolares sejam longos e térreos. O sentido da palavra horizontal aqui busca desconstruir as relações de hierarquias espaciais entre os espaços. Uma das características marcantes tanto na Escola da Ponte como na Fuji Kindergarten

é a flexibilidade e facilidade dos espaços absorverem usos diversos. A sala de aula não é mais importante que o pátio e vice-versa. Por mais que no caso japonês a dimensão do pátio seja muito superior à das salas, essa relação de hierarquia é quebrada quando todas as portas de todas as salas se abrem e transformam o espaço exterior em parte do espaço interior.

O poeta e escritor Georges Bataille escreveu um breve artigo na revista *Documents* e aponta que a arquitetura é a expressão dos comportamentos de cada sociedade humana e a portadora das pautas da autoridade para ordenar e proibir¹⁵. Por meio da grande escala do medo, os monumentos arquitetônicos impõe medo. “É a forma das catedrais ou dos palácios que a Igreja e o Estado falam às multidões e lhes impõe o silêncio” (BATEILLE in MONTANER, 2014, pg.31). Sentir-se oprimido pelo espaço físico escolar é o primeiro passo para o fracasso de uma pedagogia que pretende tornar o aluno protagonista da construção do seu conhecimento.

O estímulo à rebelião não aponta para uma escola desorganizada que estimula os alunos ao comportamento prepotente, mas oferece aos alunos “rebeldes” uma contrapartida respeitosa. No capítulo anterior vimos um relato sobre a liberdade que os alunos têm em poder sair do espaço no momento em que eles quiserem. A conformação circular permite que eles acabem voltando para o local de onde eles saíram sem que isso cause danos ao andamento da atividade proposta.

Em entrevista à TV Paulo Freire em 2014, José Pacheco, um dos fundadores da Escola da Ponte confirma o respeito que tem com os alunos que não querem aprender. Pacheco atribui a bem sucedida experiência do caso português a um fator: respeitar a quem não queria. É preciso dar tempo para as pessoas para elas entenderem as várias possibilidades delas se modificarem¹⁶. Respeitar quem ainda não entendeu as possibilidades e não quer entender é fundamental e a arquitetura pode contribuir para isso quando rompe com a organização espacial tradicional da sala de aula fechada por quatro paredes.

¹⁵ MONTANER, Josep Maria; MUXÍ, Zaida. *Arquitetura e Política: ensaios para mundos alternativos*. São Paulo, Editora Gustavo Gili, 2014.

¹⁶ Entrevista disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=53bNtzTVix4> acesso em 02/10/2015.

O terceiro e último item é o estímulo à criatividade. Uma escola deve proporcionar possibilidades para os alunos, de modo que eles encontrem no espaço escolar potencial para a criação. O desenho do mobiliário, como foi visto no caso japonês, é um caminho interessante para o estímulo à criatividade, pois permite que os alunos reorganizem e utilizem os elementos de infinitas maneiras. As claraboias e redes nas árvores também são fundamentais para a realização de atividades improvisadas.

É fundamental compreender que uma escola não precisa de inúmeros elementos diferentes e locais diferentes e diversidade de brinquedos e playground para estimular a criatividade dos estudantes. Vale ressaltar que no caso japonês, não existe um playground com brinquedos coloridos, mas nem por isso as crianças são pouco estimuladas ao exercício físico e criativo. A qualidade do espaço e possibilidade de reorganização são fundamentais para que o ambiente seja criativo.

Para finalizar é válido ressaltar que este artigo é uma pequena contribuição no campo dos estudos de pedagogia e arquitetura e serve como base para novas descobertas. Não é pretensão deste trabalho concluir qualquer ponto relativo ao espaço escolar, mas busca-se sobretudo levantar três pontos de destaque no processo de elaboração e construção do espaço escolar. Esta pesquisa está aberta para novas descobertas e possível de ideias que venham ao encontro às que foram estabelecidas aqui.

6- BIBLIOGRAFIA

ALVES, Rubem; **A escola da Ponte**; Correio Popular; Campinas; 2000

ALVES, Rubem; **A escola com que sempre sonhei sem imaginar que pudesse existir**; Campinas; Ed. Papyrus, 2003.

AZEVEDO, GISELLE ARTEIRO NIELSEN: **Arquitetura Escolar e Educação: Um Modelo Conceitual de abordagem Interacionista** [Rio de Janeiro] 2002 X, 208 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia de Produção, 2002) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

CARVALHO, Telma Cristina Pichioli de; **Arquitetura escolar inclusiva: construindo espaços para a educação infantil**; Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; São Carlos, 2008.

FRAGO, A. V. e ESCOLANO, A.; **Currículo, espaço e subjetividade: A arquitetura como programa**. Rio de Janeiro, Editora DP & A, 1998.

FREIRE, Paulo; **Pedagogia da Autonomia: saberes necessário à prática educativa**; São Paulo; Editora Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo; **Pedagogia do Oprimido**; Editora Paz e Terra; Rio de Janeiro; 17ed 1987.

GADOTTI, Moacir; **História das Ideias Pedagógicas**; São Paulo; Editora Ática, 1998.

HA, Thu-Houng; **Inside the world's best kindergarten**. Disponível em: <http://ideas.ted.com/inside-the-worlds-best-kindergarten/>. 23/04/2015. Data de acesso: 25/09/2015.

MONTANER, Josep Maria; MUXÍ, Zaida. **Arquitetura e Política: ensaios para mundos alternativos**. São Paulo, Editora Gustavo Gili, 2014.

PACHECO, José (2004). **“Uma escola sem muros”**. Em: MARTINHO, Miguel. **Área aberta como conflito entre pedagogia(s) e arquitectura**. Lisboa; 2010.

TEZUKA, Takeharu; Disponível em: http://www.ted.com/talks/takaharu_tezuka_the_best_kindergarten_you_ve_ever_seen?language=pt-br#t-212408; Acesso em 29/08/2015.

Projeto de melhoramento no armazenamento e escoamento de águas pluviais em culturas agrícolas

Improvement project on the storage and drainage of rainwater in agricultural crops

Tiago dos Anjos Golin¹

André Luís Gamino²

Giuliano Mikael Tonelo Pincerato²

Ágatha Stela de Morais²

RESUMO

O controle e direcionamento do escoamento superficial oriundo das precipitações em lavouras agrícolas, fundamentais para a conservação do solo e preservação ambiental, constitui uma parte importante da produção rural. Com as novas tecnologias e estudos no campo agrícola ampliou-se o campo do projeto, que usa de novos conceitos para cálculos de terraços em desnível, sabendo-se que é melhor conduzir a água do que retê-la. Sendo assim, o presente trabalho comparou diferentes tipos de dispositivos (terraços) construídos em desnível ao método mais convencional (embutido em nível). Utilizou-se de VANT (veículo aéreo não tripulado) para levantamento da área; adotaram-se dados iniciais de forma empírica, altura e largura para o cálculo da capacidade de cada dispositivo, nível ou desnível. Evidenciou-se uma diferença considerável entre o terracamento convencional (embutido em nível) e todos os dispositivos em desnível, onde a diferença mais relevante foi entre o embutido em nível e embutido em desnível, que possui o mesmo critério de construção, diferenciando-os somente pelo desnível calculado; demonstrou-se que o método aplicado no presente trabalho atende as necessidades de controle de erosões e escoamento.

Palavras-Chave: altimetria, planimetria, hidrologia, conservação de solo.

ABSTRACT

The control and direction of surface runoff from rainfall in agricultural crops, which are fundamental for soil conservation and environmental preservation, constitutes an important part of rural production. With the new technologies and studies in the agricultural field the field of the project has extended, that uses of new concepts for calculations of terraces in unevenness, knowing that it is better to conduct the water than to retain it. Thus, the present work compared different types of devices (terraces) constructed in unevenness to the more conventional method (built-in level). VANT (unmanned aerial vehicle) was used to survey the area; we used empirical initial data, height and width to calculate the capacity of each device, level or slope. There was a considerable difference between the conventional terracing (level built-in) and all the leveling devices, where the most relevant difference was between built-in level and built-in slope, which has the same construction criterion, differentiating them only by calculated slope; it was demonstrated that the method applied in the present work meets the needs of erosion control and drainage.

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

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

Keywords: altimetry, Planimetry, hydrology; soil conservation.

Introdução

A produção agrícola no Brasil é uma das principais bases da economia do país, e a mesma vem crescendo cada vez mais; devido a isso, os produtores vêm buscando novas tecnologias que possam elevar a produção não esquecendo a qualidade, a segurança e a conservação do meio ambiente.

O Brasil tem uma grande variedade de tipos de culturas por se tratar de um país com área continental, tem-se uma diversidade muito grande na lavoura, café, soja, milho, laranja, carne bovina, cana-de-açúcar.

Com o destaque do campo, a produção agrícola ao longo dos anos atraiu a atenção de investidores, grupos que trazem em sua essência além do grande interesse na lucratividade, os desafios para tentar manter a “matéria prima” que habita nosso planeta, o solo.

Sem essa “matéria prima” nossa produção agrícola seria de baixo nível, mesmo com solos diferentes, arenosos, argilosos, siltosos, consegue-se administrar essas diferenças físicas com épocas de plantio diferentes, preparo de solo diferente, cultura intermediária; quando aumentamos o nível de preocupação ambiental entramos no quesito perda de solo, que nos leva a dois principais tipos, que são erosão laminar e voçorocas, que na lavoura tem um agravante, a chuva.

Ao longo dos anos a topografia convencional aplicada na lavoura de cana-de-açúcar utilizou-se do método de estocagem de águas pluviais, acreditando-se que esse armazenamento seria o único meio para evitar perda de solo e manter o solo úmido.

Concluiu-se que este método estava parcialmente ineficiente, com o armazenamento de águas pluviais em terraços em nível, ocasionava a baixa produtividade da planta, já que a mesma ficava saturada; outro fator desse tipo de armazenamento é a quantidade cabível de água naquele local, principalmente em argissolos onde temos solos com o horizonte A arenosos e o B argilosos; essa infiltração é muito lenta, causando erosões por chuvas consecutivas.

Tentou-se nessas situações, quando permitido pela topografia e hidrografia (A.P. P), trabalhar com o terraço em desnível que se comporta de maneira a expulsar essa água com velocidade controlada aos leitos dos córregos e rios, aumentando os benefícios à lavoura e uma conservação nessas hidrografias onde se despeja a água que chega de maneira calma sem arraste de sedimento.

O intuito desse trabalho foi apresentar uma nova maneira de armazenar e direcionar a água recorrente de precipitações, introduzindo nas lavouras, em destaque na cana-de-açúcar, novas tecnologias e conhecimentos de outras áreas (Eng. Civil), para melhorar e aperfeiçoar a sua produção.

Devido ao forte crescimento do investimento no agronegócio, novas tecnologias e soluções estão sendo cada vez mais discutidas e estudadas, com intuito de aliar à produtividade e a conservação ambiental; procurou-se, assim, demonstrar de forma abrangente as definições de projeto, cálculo e execução.

Materiais e métodos

Método

O presente trabalho teve início por meio do levantamento altimétrico de uma determinada área utilizou-se do VANT (veículo aéreo não tripulado) Figura 1, gerou-se o MDE (modelo digital de elevação), após executado o voo e processado essa imagem, utilizou-se da mesma para gerar os materiais de início do estudo, por meio de software SIG (sistema de informação geográfica) pagos ou gratuitos, TNT MIPS, ArcGIS, QGIS, com esse pré projeto definiu-se qual dispositivo (terraços) iriam ser calculados como nível, desnível ou ambas situações. Calculou-se o tempo de retorno de precipitação, tempo de concentração, velocidade quando em desnível e capacidade do terraço.



Figura 1– VANT eBee Plus. Fonte: Santiago&Cintra, 2018.

Vant/ mapas

Utilizou-se para elaboração de MDE, sendo que a sua precisão para voos de altimetria é de 10 cm/pixel , para obter-se uma boa qualidade de imagem.

Com a imagem do VANT gerou-se o modelo digital de elevação e foram elaborados os mapas iniciais (isolinhas, escoamento superficial e declividade) de estudo para projeto da área em questão.

Exemplos de mapas

Isolinhas

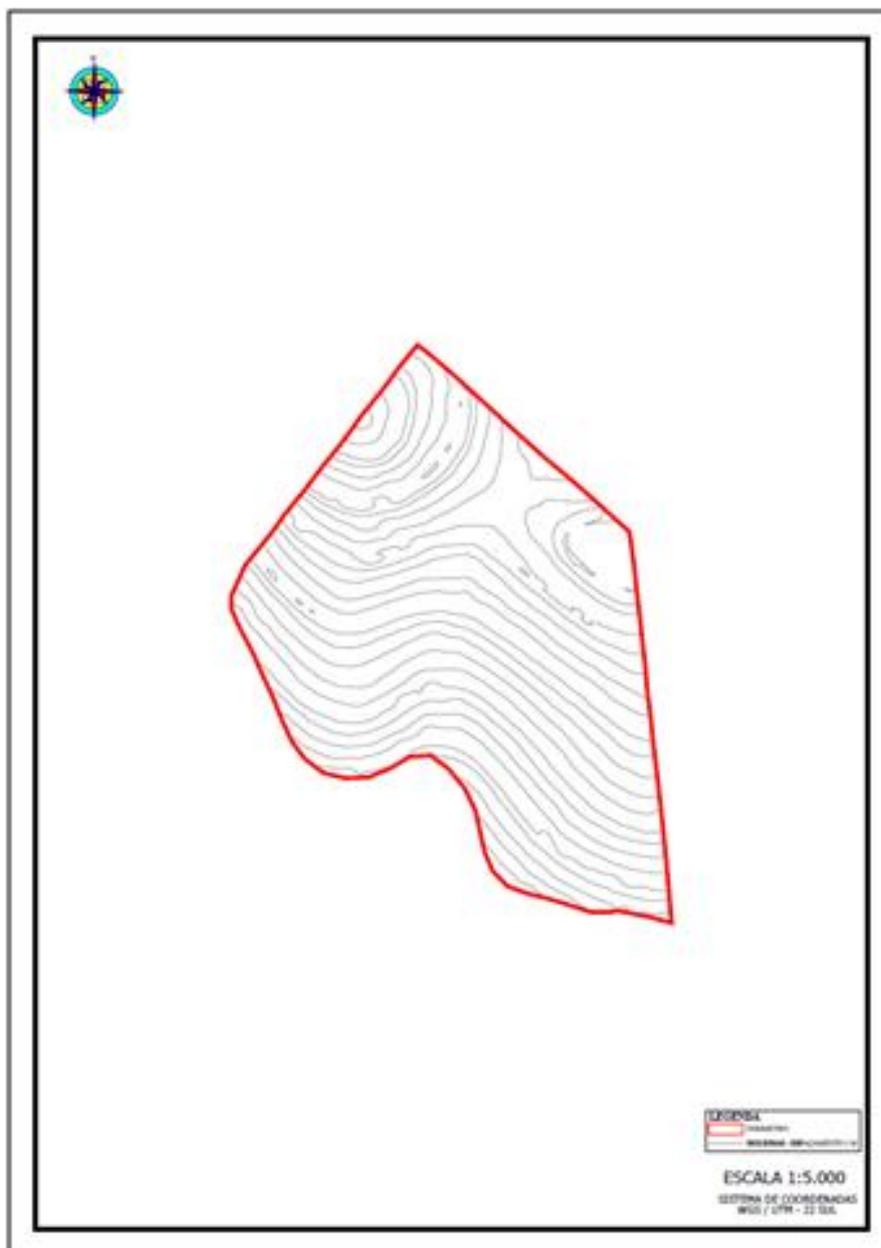


Figura 2 – Mapa de isolinhas. Fonte: autores, 2018.

O mapa de isolinhas, onde se verificou em planta a cota de nível e a movimentação do terreno.

Escoamento superficial

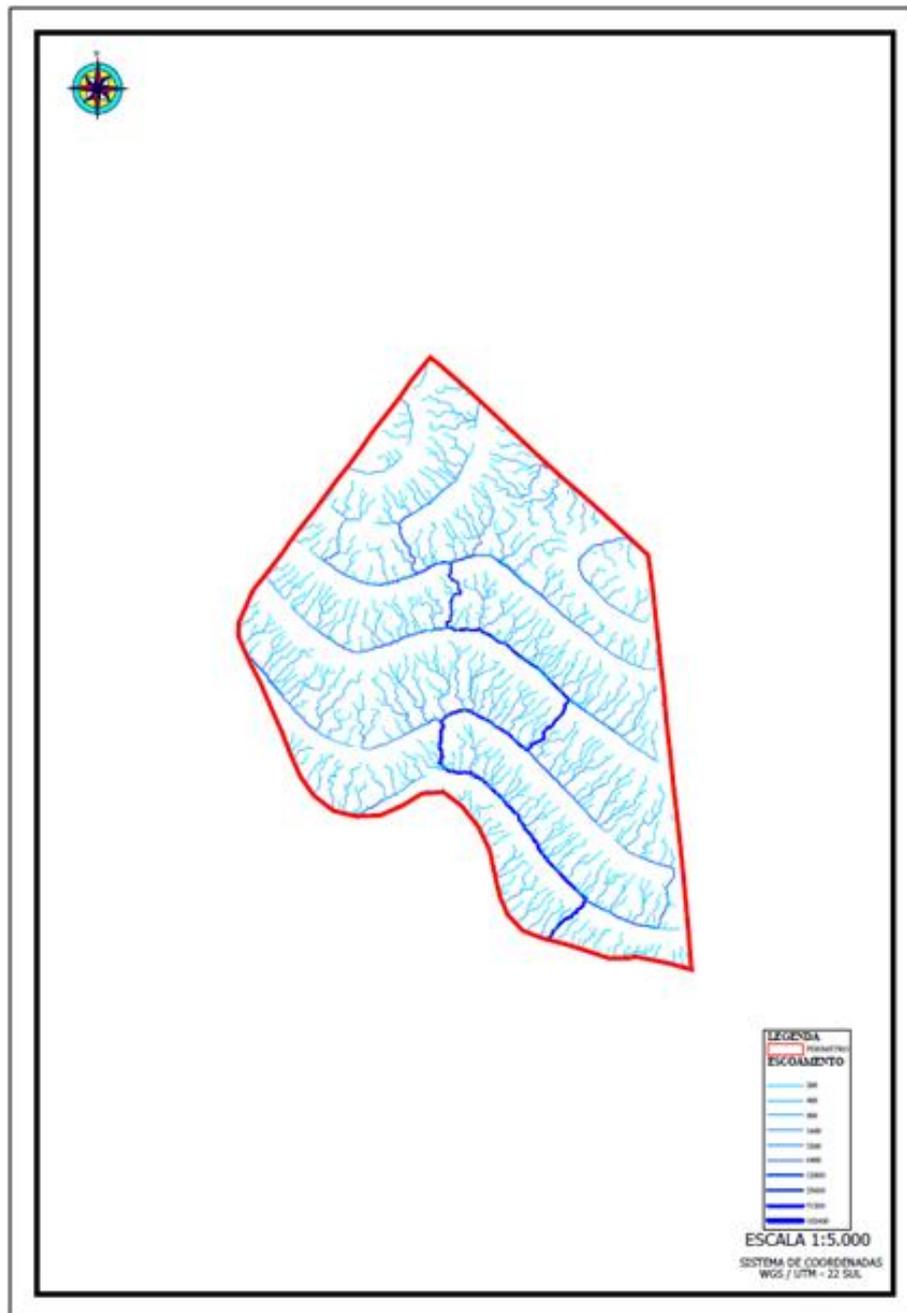


Figura 3 – Mapa de escoamento superficial. Fonte: autores, 2018.

O mapa de escoamento superficial mostra o caminho percorrido pela água em toda superfície da área estudada.

Declividade

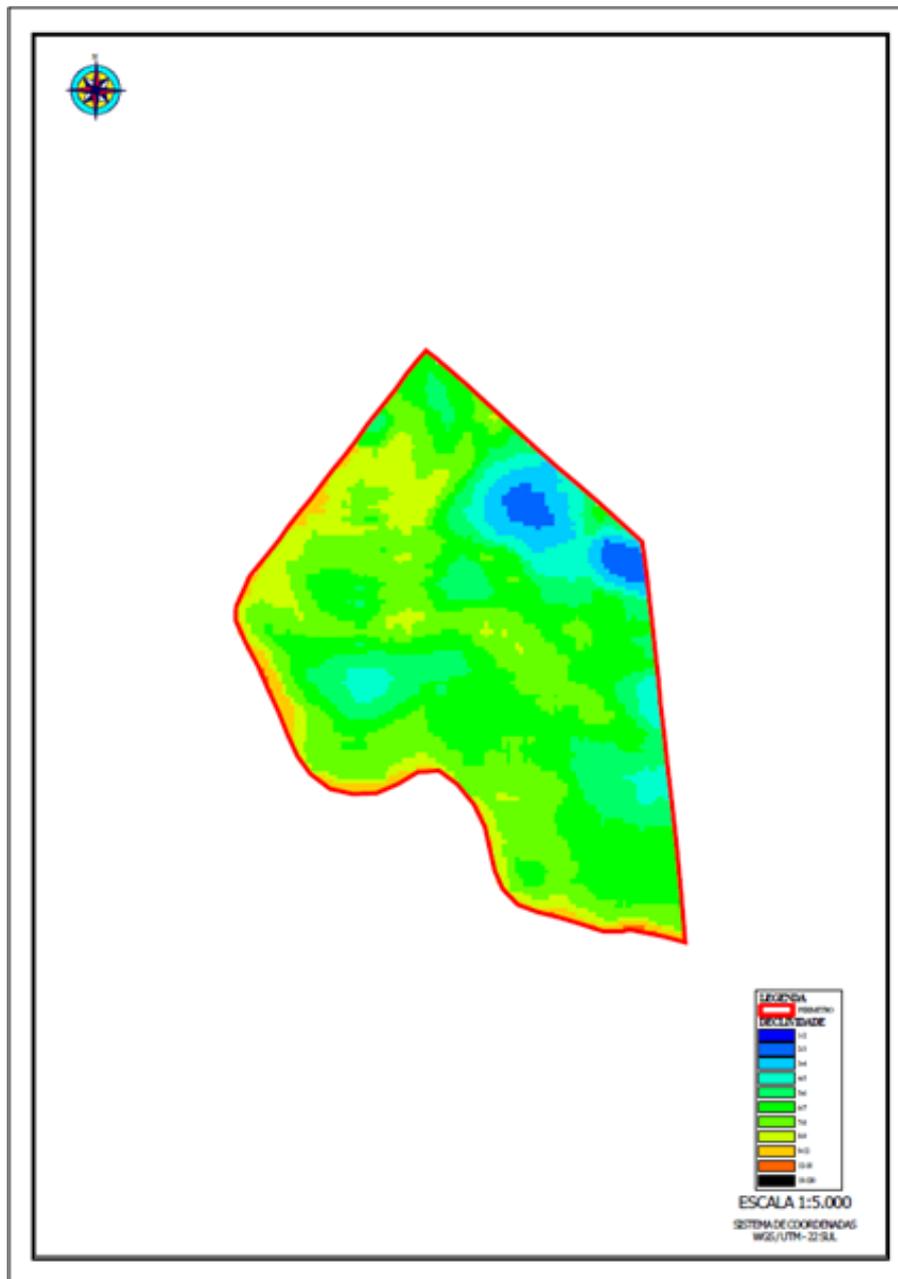


Figura 4 – Mapa de declividade. Fonte: autores, 2018.

O mapa de declividade apresenta a declividade média da área.

Terraços

São dispositivos que armazenam e direcionam a água pluvial existente dentro de uma determinada área, na topografia convencional só eram utilizados terraços embutidos ou invertidos em nível, com essas novas tecnologias e estudos, conseguiu-se em determinada porção da área utilizar os mesmos terraços (embutido e invertido) e mais o passante, com o diferencial de serem em desnível, direcionando toda água captada para um ponto específico, normalmente A.P.P. A sequência apresenta as características de cada terraço.

Terraço embutido

É um tipo de terraço com uma maior resistência e maior capacidade, já que é normalmente mais alto e a metade superior é construída através da retirada de solo deixando assim a sua parede de recebimento de água mais resistente, como se trata de um solo bem compactado (metade inferior), pode ser construído em nível ou desnível.

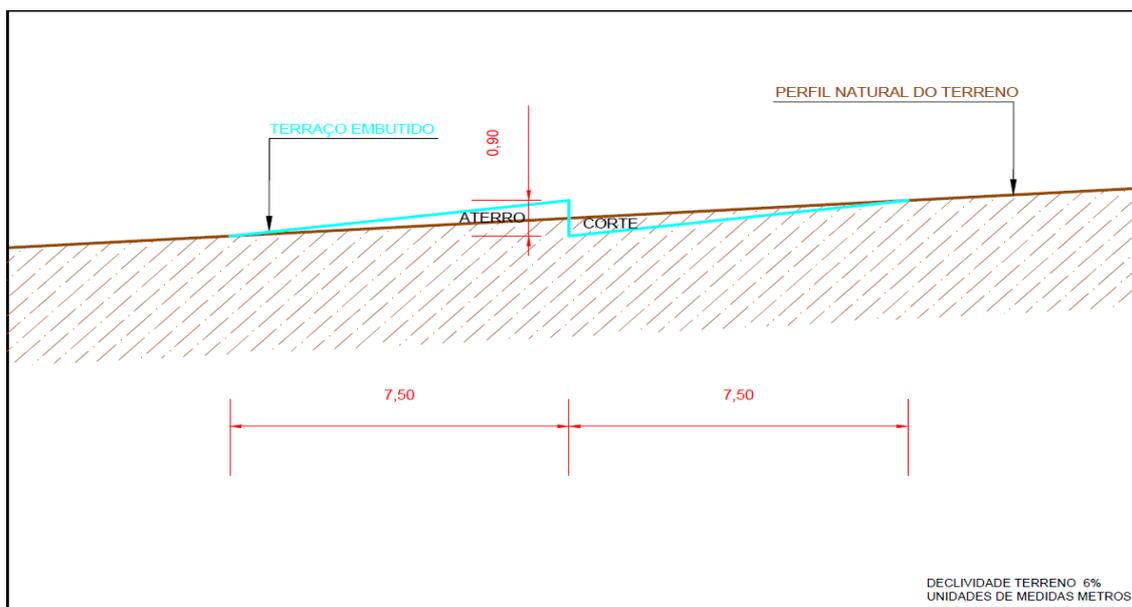


Figura 5 – Representação de terraço embutido (sem escala). Fonte: autores, 2018.

Terraço invertido

É um tipo de terraço não muito comum, construído normalmente em locais onde a declividade é mais acentuada, já que é possível diminuir esta declividade nas suas costas, podendo ser construído em nível ou desnível, muito indicado para desnível.

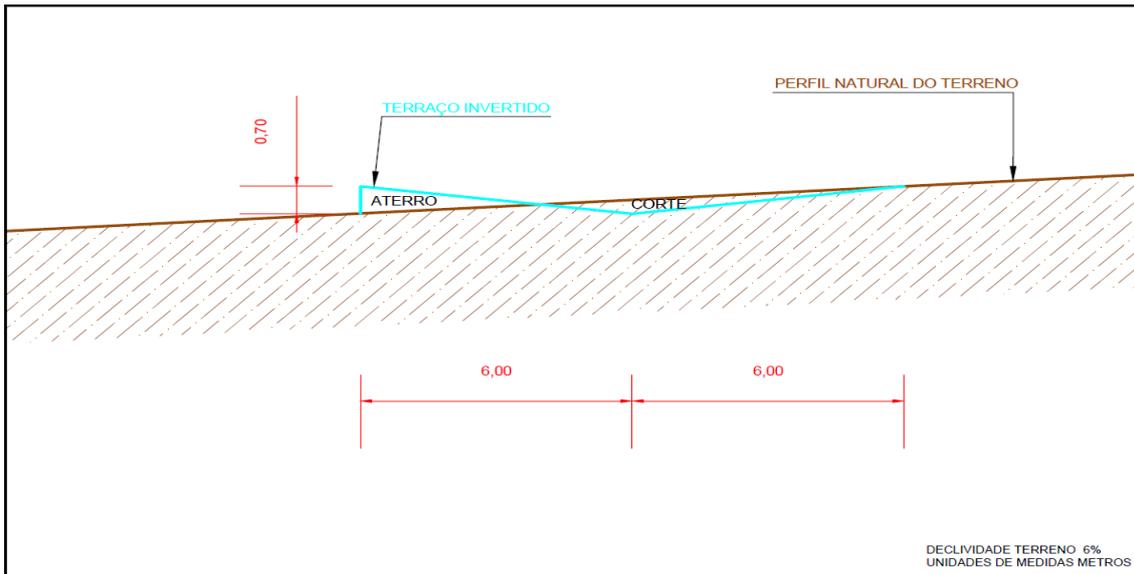


Figura 6 – Representação de terraço invertido (sem escala). Fonte: autores, 2018.

Terraço passante

É um tipo de terraço que contém uma suavidade maior em sua construção, deixando seu aterro mais largo e possibilitando o cruzamento de máquinas agrícola, pode ser construído em nível ou desnível, limitado até a declividade de 8% e sua maior utilização é em desnível, já que em nível sua capacidade se torna baixa.

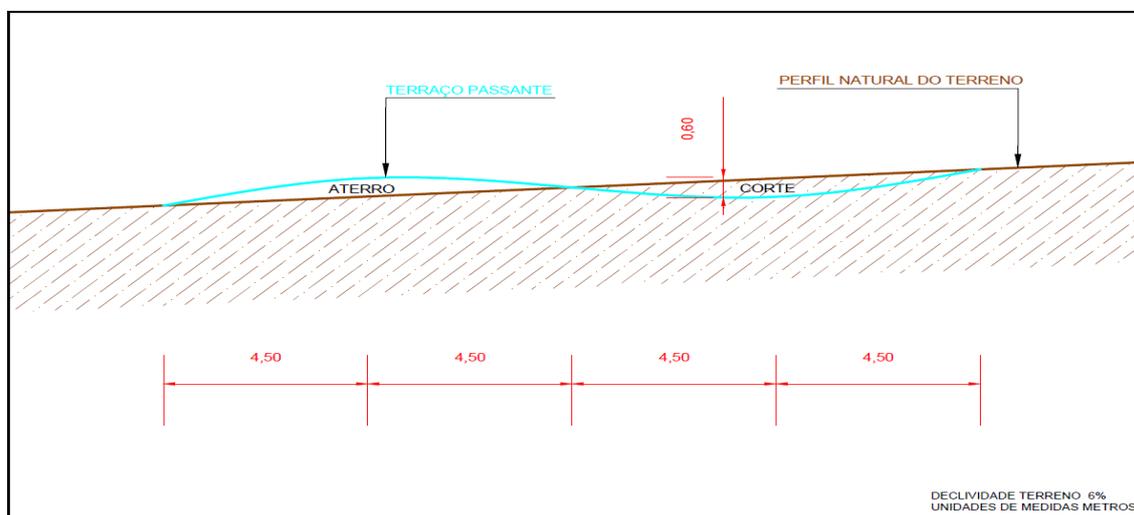


Figura 7 – Representação de terraço passante (sem escala). Fonte: autores, 2018.

Equações Terraço em nível

No cálculo em nível levou-se em consideração a precipitação, que leva a um volume de entrada e a capacidade do dispositivo.

Abaixo as equações utilizadas:

$$V_{tc} = A * (P - V_i)$$

Onde:

- V_{tc} = *volume total, m³*;
- A = *área, m²*;
- P = *precipitação (mm)*;
- V_i = *Volume infiltrado*.

Para largura e altura do terraço utilizou-se a equação.

$$l = \frac{V_t * 2}{c * h}$$

Onde:

- l = *largura do terraço, m*;
- V_t = *volume total, m³*;
- c = *comprimento total do terraço, m*;
- h = *altura do terraço, m*;

Para a validação do dispositivo o volume total deve ser menor ou igual à capacidade:

$$V_{tc} \leq V_t$$

Equações Terraço em desnível

No cálculo em desnível independente do dispositivo a ser calculado, a primeira etapa foi utilizado os mesmos valores referentes àquela localidade, lembrando que o fator que valida o dispositivo é, a vazão de entrada tem que ser menor que vazão de saída.

Para a validação do dispositivo a vazão de entrada deve ser menor ou igual que a de saída.

Para tc (tempo de concentração) utilizou-se do SRC - Método Cinemático, conforme fórmula abaixo:

$$tc = \frac{1000}{60} \sum_{i=1}^n \frac{Li}{Vi}$$

Onde:

- tc = tempo de concentração, min;
- Li = distância percorrida no trecho considerado, km;
- Vi = velocidade média no trecho considerado, m s⁻¹.

Para o cálculo de intensidade utilizou-se o *software* plúvio que por meio de coordenada geográfica da área interpola dados das proximidades da mesma e fornece os parâmetros necessários para a equação.

$$i = \frac{k * (TR^a)}{(tc + b)^c}$$

Onde:

- i = intensidade de precipitação, (mm/h);
- TR = tempo de retorno, anos;
- tc = tempo de concentração, min;
- k, a, b, c fator de localidade, consegue – por meio do *software* plúvio.

Para o cálculo de vazão de entrada em um dispositivo em desnível utilizou-se da equação.

$$Q_e = \frac{C * i * A}{360}$$

Onde:

- $Q_e = \text{vazão, m}^3/\text{s};$
- $C = \text{coeficiente de enxurrada};$
- $i = \text{intensidade de precipitação, (mm/h)};$
- $A = \text{área, ha.}$

Para o cálculo da declividade, utilizou-se da equação:

$$D = \left(\frac{v * Cr}{\left(\frac{\frac{l * h}{2}}{l + h} \right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * 100$$

Onde:

- $D = \text{declividade do terraço, porcentagem};$
- $v = \text{velocidade de escoamento, m/s};$
- $Cr = \text{coeficiente de rugosidade};$
- $l = \text{largura do terraço, m};$
- $h = \text{altura do terraço, m.}$

Para cálculo de vazão de saída em um dispositivo em desnível, utiliza-se da equação.

$$Q_s = v * \frac{l * h}{2}$$

Onde:

- $Q_s = \text{vazão de saída, m}^3/\text{s};$
- $v = \text{velocidade de escoamento, m/s};$
- $l = \text{largura do terraço, m};$
- $h = \text{altura do terraço, m}.$

Para a validação do dispositivo a vazão de entrada deve ser menor ou igual que a de saída

$$Q_e \leq Q_s$$

Para o melhor entendimento da sequência utilizada no presente trabalho segue abaixo uma ordem por tópico seguido de explicação:

- **Levantamento com VANT**

Voo realizado na área a ser projetada.

- **Geração de MDE**

Com as imagens capturadas pelo VANT, gerou-se o MDE (modelo digital de elevação), que representa a elevação do terreno em 3D.

- **Isolinhas, escoamento superficial e declividade**

São resultados da entrada do MDE em *software* GIS, onde as isolinhas são as curvas que contêm a mesma cota, escoamento superficial é o caminho percorrido pela água na superfície e a declividade é a classificação da área em faixas de declividade média, os três arquivos são representados em planta (mapas).

- **Definição do Tipo de Dispositivo**

Com os mapas gerados anteriormente tomou-se a decisão de qual dispositivo (terraços) utilizar. Definiu-se calcular em nível o embutido e em desnível o embutido, invertido e o passante para comparativo de situação convencional e novas execuções.

- **Cálculo - nível**

No cálculo em nível levou-se em consideração a precipitação, que leva a um volume de entrada e a capacidade do dispositivo.

- **Altura e Largura**

São valores predeterminados (empíricos) de acordo com o dispositivo a ser calculado.

- **Volume total**

É o volume que aquele dispositivo poderá ser exposto.

- **Precipitação**

O valor de chuva máxima para que aquele dispositivo encha até o seu limite.

- **Capacidade**

Volume total que o dispositivo suporta.

- **Cálculo - desnível**

No cálculo em desnível independente do dispositivo a ser calculado, a primeira etapa foi utilizado os mesmos valores referentes àquela localidade, lembrando que o fator que valida o dispositivo é, a vazão de entrada tem que ser menor que vazão de saída.

- **Tempo de concentração**

O tempo que a água demora a percorrer o canal desde o seu ponto mais alto até o mais baixo.

- **Intensidade**

Com índices meteorológicos retirado do software plúvio que usou a coordenada como referência, calculou-se a intensidade máxima ocorrida de acordo com tempo de retorno escolhido (10 anos).

- **Vazão de entrada**

O volume de chegada de água no dispositivo, esse valor de vazão de entrada não se altera e é utilizado o mesmo para qualquer dispositivo que seja calculado em desnível.

- **Declividade, velocidade, altura e largura;**

Esses quatro valores se encontram na mesma equação, foram utilizados valores preestabelecidos de altura, largura e declividade, calculou-se assim a velocidade.

- **Vazão de saída**

Vazão que o dispositivo despeja na sua saída.

- **Definição**

Com dos valores de capacidade de cada dispositivo (nível e desnível), conseguiu-se fazer uma análise e definir qual o melhor para aquela situação.

- **Projeto**

O mapa final com valores de cálculos e dispositivo a ser implantado na lavoura.

Resultados e discussões

Os valores de área e comprimento dos dispositivos foram retirados de um talhão produtivo de cana-de-açúcar com coordenadas, lat. 51°01'35" long. 21°20'13"; alturas e larguras foram pré determinados de acordo com a possibilidade de construção de cada um e visou-se o máximo possível de igualdade entre ambos para o melhor comparativo.

A Tabela 1 apresenta os valores físicos de terraços embutido em nível e desnível, terraço passante em desnível e invertido em desnível, utilizados nos cálculos:

Tabela 1 – Valores físicos.

Tipo	Área de Cap. (há)	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
Emb. nível	7,08	0,90	6,00	870,00
Emb. desnível	7,08	0,90	6,00	809,00
Pass. desnível	7,08	0,50	12,00	809,00
Invert. desnível	7,08	0,60	10,00	809,00

Fonte: autores.

A diferença entre as dimensões de cada dispositivo, utilizou-se de dados empíricos (altura e largura), que tem ligação com a quantidade de movimentação do solo em suas respectivas construções, o embutido tem características construtivas de maior altura e menor largura já o invertido e o passante têm características de menor altura e maior largura.

Resultados terraço nível

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para cálculo de terraço embutido em nível e desnível, entendendo-se que essa capacidade se torna fixa já que o dispositivo uma vez cheio necessita da evaporação ou intervenção humana para se tornar um dispositivo útil novamente, já os dispositivos em desnível trabalham de forma a expurgar toda a água de forma contínua e controlada, sem a necessidade de qualquer intervenção posterior a sua construção.

Os terraços embutido em desnível, passante em desnível e invertido em desnível; que diferem do embutido em nível não só por sua maior capacidade, mas também, por sua capacidade de suportar chuvas recorrentes já que os dispositivos drenam automaticamente:

Tabela 2 – Capacidades dispositivos

Tipo	Precipitação (mm)	Capacidade (m³)
Embutido - nível	58,00	2349,00
Embutido - desnível	64,00	3888,00
Passante - desnível	64,00	3132,00
Invertido - desnível	64,00	3456,00

Fonte: autores.

A diferença de capacidade de precipitação de cada dispositivo, ficou notória a igualdade entre todos os dispositivos em desnível, já que seus tempos de concentração são os mesmos, quando comparados ao terraço em nível observou-se uma discreta melhora.

O comparativo entre as precipitações mostra uma pequena melhora de 58 mm do embutido em nível para 64 mm dos dispositivos em desnível, esse dado se torna uma grande melhora ao se analisar que o dispositivo em nível retém a água levando dias até semanas para estar pronto para uma próxima precipitação e o dispositivo em desnível ao fim da precipitação estará pronto para a próxima chuva.

As diferenças mais significativas obtidas, que relacionam a capacidade de cada dispositivo, dados esses que podem ser generalizados, já que a diferença se manterá para qualquer tipo de solo. Utilizou-se para o cálculo da capacidade do dispositivo em nível as próprias dimensões do terraço; o mesmo se comporta como retenção contra a vazão por hora dos terraços em desnível.

Os resultados da capacidade apresentam números expressivos, a porcentagem de melhora do embutido em nível para a pior situação do desnível que é o passante é de aproximadamente 33,3%, já em comparação com a melhor situação que é o embutido em desnível é de aproximadamente 65,5%.

Os resultados apresentados demonstram que o processo de construção de dispositivos para a contenção (nível) de escoamento superficial foi muito inferior ao dispositivo em desnível, validando-se assim de forma positiva os resultados, que evidenciaram um grande aumento em sua capacidade de conduzir o escoamento.

Foram mais satisfatórios os resultados quando analisados no contexto geral onde todos os dispositivos em desnível melhoram a capacidade da área em relação ao em nível, já que cada dispositivo é indicado para um tipo de declividade e solo podendo ser utilizados em todas as situações, sendo assim, um dispositivo em desnível será mais eficiente que um em nível.

Conclusões

Atualmente a produção agrícola no Brasil se moderniza e procura novos conceitos e técnicas, visando a excelência no rendimento e produtividade com ênfase na preservação ambiental, sendo assim, produtores de pequeno médio e grande porte devem se atentar as novas tecnologias para melhorar a implantação de qualquer tipo de lavoura em sua propriedade.

Nessa finalidade, tomando como a principal segurança dentro da conservação de solo, esse trabalho comparou e apresentou novas tecnologias e cálculos existentes para terraceamento em nível e desnível, esse último quando possível utilizá-lo, aumenta a segurança da área já que o seu propósito é conduzir a água e não a reter.

A melhoria sugerida ficou evidenciada nos valores obtidos; o presente trabalho comprovou uma grande diferença de capacidade entre o terraceamento em nível e em desnível, sendo que essa capacidade varia de porcentagem de acordo com o dispositivo calculado em desnível.

Concluiu-se que quando possível o terraceamento em desnível, independente de qual dispositivo escolhido, aumenta a segurança para a conservação do solo, já que o mesmo tem maior capacidade de suportar precipitações quando comparado com o dispositivo em nível e ainda contribui ambientalmente, pois transporta a água de forma controlada para as hidrografias existentes na propriedade.

A necessidade de uma revisão normativa é suma importância, a NBR 13133 é do ano de 1994 ficando desatualizada quanto às novas tecnologias aplicadas nos levantamentos, cálculos e construções relacionadas à topografia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: execução de levantamento topográfico, Rio de Janeiro, 1994.

BORGES, A. – **Topografia – Aplicada a engenharia civil**. São Paulo: Blucher, 1977.

COELHO, J.; ROLIM, F.; ANDRADE, J. – **Topografia Geral**. Recife: Universitária da UFRPE. 2014.

COELHO, R.; SILVA, R.; COSTA, R. – **Mapeamento topográfico, com utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) e topografia convencional**. UNIFAFIBE, Bebedouro, 2017.

CIIAGRO, Ciiagro. **Monitoramento climatológico**. Disponível em:

<<http://www.ciiagro.sp.gov.br>>. Acesso em 01 de ago de 2018.

DOMINGUES, F. A. A. - **Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979, 403p.

HOLTZ, A. - **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher. 1976.

LOPEZ, Edésio Elias. **Um pouco de História da topografia**. Disponível em: <<https://portogente.com.br>>. Acesso em 15 de abr de 2018.

MACCOMARC, J. - **Topografia**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MARTINS, J. - **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher. 1976.

NETTO, A. – **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Blucher, 2015.

OLIVEIRA, et al. – **Análise comparativa de desempenho de terraços mistos com nível e gradiente**. UEM, Maringá, 2012.

PEREIRA, Adriana Pires; JUSTINO, Reginaldo Adair; COSTA, Ricardo de Moura – **Topografia aplicada na execução da terraplanagem de um projeto viário**. Disponível em: <<https://mundogeo.com>>. Acesso em 16 de abr de 2018.

PINTO, N. - **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher. 1976.

PRUSKI, F. – **Conservação de solo e água**. Viçosa: UFV, 2009.

UDOP, Udop. **A História da Cana-de-açúcar, da antiguidade aos dias atuais**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br>>. Acesso em 18 de mar de 2018.

TNT mips (Free) for Windows 7. Version 2014. Copyright (C) 1988-2018 MicroImages, Inc.

Projeto para readequação de coleta de Águas Pluviais em uma região urbana do município de Piacatu-SP

Project for Readjustment of Rainwater Collection in an Urban Region of the Piacatu city state of São Paulo

Amanda Neves Teixeira¹
 Larissa Navacchio¹
 Giuliano Mikael Tonelo Pincerato²
 Natalia Felix Negreiros²
 Avelino Aparecido Rocha²

RESUMO

O presente trabalho buscou soluções para reduzir agentes prejudiciais à saúde, pois, águas contaminadas podem espalhar doenças a população, com o desenvolvimento de um projeto para a construção de uma rede de galeria pluvial no município de Piacatu-SP, em razão da insuficiência da tubulação existente. Construir uma nova galeria, com as tubulações adequadas foi a solução encontrada para resolver o problema no trecho. Dessa forma, a rede de galeria foi recalculada, ressaltando que para um sistema eficiente é preciso um diâmetro maior da tubulação, e ainda adaptação e quantidades de bocas de lobo. Assim, espera-se que com a aplicação do estudo possa ser sanado o problema, para que os riscos e prejuízos nos quais a sociedade está submetida sejam extintos.

Palavras-Chave: Galerias de Águas Pluviais; Inundações; Microdrenagem; Macrodrenagem.

ABSTRACT

The present paper sought solutions to reduce harmful agents to health, because contaminated water can spread diseases to humans, with the development of a project for the construction of a rainwater glacier network in the Piacatu City, State of São Paulo, due to the insufficiency of the existing pipeline. . The construction of a new glacier with the appropriate pipes was the solution found to solve the problem of flooding in this section. In this way, the gallery network was recalculated; emphasizing that for an efficient drainage system a larger diameter of the pipeline is required, and also adaptation and quantities of drains. Therefore, with the application of this study, it is expected that the problem can be remedied, in order that risks and losses in which society is subjected are extinguished.

Keywords: Stormwater glacier; Floods; Macrodrainage; Microdrainage.

Introdução

Água pluvial é emanada das chuvas, que é colhida pelos sistemas urbanos de saneamento básico nas chamadas galerias de águas ou esgotos pluviais e que pode ter tubulações próprias, sendo chamadas, neste caso, de sistema separador

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Docentes do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

absoluto, que depois serão difundidas nos fluxos d'água, lagos, lagoas, baías ou no mar (AGUIAR, 2012).

Drenagem é um termo nomeado as instalações destinadas ao escoamento do excesso de água, tanto pode ser aplicada em rodovias, como na zona rural ou na zona urbana, desempenhando de forma eficiente a captação de toda a água da área de escoamento, para que assim promova a diminuição de riscos e prejuízos aos quais as populações estão sujeitas (NETO, 2018).

Desta forma, o procedimento indicado para captação da água pluvial e direcioná-la até o sistema de macrodrenagem, escoamento final das águas escoadas superficialmente, é representado pelo sistema de microdrenagem, que através de pequenas e médias galerias, coleta e afasta as águas superficiais. Tal sistema é composto por diversos elementos, sendo eles: as bocas de lobo, os poços de visita, os sarjetões, as sarjetas, os meios fios e as galerias.

Segundo Rezende; Bianconcini (2018) bocas de lobo são localizadas em pontos convenientes com o intuito de receber toda a água escoada pelas sarjetas e sarjetões; poços de visita são dispositivos que têm a função de permitir as manutenções referentes aos serviços subterrâneos; sarjetões compreende o canal localizado nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta; sarjeta é o canal situado entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta. Já o meio fio ou guias: são executados em concreto ou pedras, construído entre a via pública e a via de passeio, encontrando-se paralelamente a via pública e galerias são os tubos de concreto por onde passa toda a água captada pelas bocas de lobo e por elas descartada aos córregos e rios.

Conforme Filho; Costa (2012) a ausência de sistemas de drenagem competentes compromete à saúde pública por acarretar doenças de veiculação hídrica bem como danos econômicos decorrentes das enchentes. Esses sistemas são peças fundamentais no planejamento urbano e são responsáveis diretamente pela sustentabilidade do ambiente urbano frente às intempéries da natureza.

Os resíduos provenientes do lixo doméstico, industrial, agropecuário, entre outros, são amplos transmissores de doenças; para diminuir o impacto destes contaminadores direta ou indiretamente através da contaminação da água e solos,

existe o saneamento básico, um direito garantido pela constituição e pela Lei nº 11.445/2007 (BARROS, 2018).

A precariedade do saneamento básico favorece ainda mais o processo de contaminação de águas, atingindo rios, lagos e até mesmo o mar. As águas contaminadas aumentam epidemias de doenças infecciosas que, conseqüentemente diminuem a população do planeta (LEPARGNEUR, 2004).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a cidade de Piacatu-SP, apresenta 18,9% de urbanização de vias públicas adequada, com presença de bocas de lobos, pavimentação, calçadas e guias.

Segundo Righetto (2009), o desenvolvimento das cidades sujeita-se a diversos fatores e necessidades de diferentes significâncias e extensão, cujas práticas e empenhos por parte do Poder Público e da própria sociedade propiciam uma qualidade de vida cada vez melhor.

Por intermédio as condições apresentadas, atualmente, o município apresenta uma condição centrada em relação aos demais municípios, porém, com o aumento populacional, a cidade decorre por uma insuficiência a esta evolução, tento assim que dispor uma alternativa para as relações entre os seres humanos e a natureza.

Materiais e Métodos

No decorrer deste projeto foram abrangidos juntamente com o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), critérios teóricos referentes às bibliografias de Gribbin (2014), de Righetto (2009) e Azevedo-Netto (1998), como também artigos elaborados nas Universidades, além de materiais que possam incorporar neste projeto. Como complemento, aplicou-se a norma brasileira - NBR 8890 (2008) que aborda o tema do presente estudo.

Por meio dos problemas de alagamentos em dias de alto índice pluviométrico, sabe-se que a tubulação existente é insuficiente para suportar a vazão do projeto. Dessa forma, utilizou-se a metodologia adaptada de Azevedo-Netto (1998) para determinação da vazão por método racional, por meio da equação 1:

$$Q = C . i . A \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão de enchente na seção de drenagem, em m³/s;

C = coeficiente de escoamento superficial da bacia hidrográfica;

i = intensidade média da precipitação sobre toda a área da bacia, com duração igual ao tempo de concentração, em m/s;

A = área da bacia hidrográfica, em m².

Segundo Fugita (1980) (Tabela 1), foi estabelecido o coeficiente de escoamento superficial da bacia hidrográfica. No qual utiliza-se 60%, seguindo o critério de áreas residenciais por unidades múltiplas, podendo ser tanto separadas ou conjugadas, perante a equação da vazão.

Tabela 1: Coeficiente de escoamento superficial.

Área comercial	
Central	0,70 a 0,95
Bairros	0,50 a 0,70
Área residencial	
Residências isoladas	0,35 a 0,60
Unidades múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
Lotes com 2000 m ² ou mais	0,30 a 0,45
Áreas com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área industrial	
Indústrias leves	0,50 a 0,80
Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Parques, cemitério	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas em melhoramentos	0,10 a 0,30

Fonte: Fugita (1980).

Segundo a entidade DAEE (2018), as precipitações intensas da cidade de Piacatu-SP, foram desempenhadas por Martinez; Piteri (2016), por meio das coordenadas geográficas latitude 21°36'S, longitude 50°36'W, em uma altitude de 420 metros e um período de estudo de 25 anos. Seguindo a seguinte fórmula:

$$i_{t,T} = 40,37(t + 30)^{-0,8831} + 14,76(t + 30)^{-0,8936} \cdot [-0,4876 - 0,9171 \ln \ln(T/T - 1)]$$

Onde:

i = intensidade da chuva, em mm/h;

t = duração da chuva, em minutos;

T = período de retorno, em anos.

A previsão de máximas intensidades de chuvas esquematizada na Tabela 2, resulta-se por meio da fórmula da intensidade da chuva. A qual foi utilizada no cálculo da vazão, a duração (t) de 10 minutos e o período de retorno (T) de 25 anos.

Tabela 2: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	86,5	120,6	143,1	155,9	164,8	171,6	192,8	213,8	234,7
20	70,9	98,9	117,3	127,8	135,1	140,7	158,0	175,2	192,4
30	60,3	84,1	99,8	108,6	114,8	119,6	134,3	148,9	163,5
60	42,1	58,6	69,5	75,7	80,0	83,3	93,6	103,8	113,9
120	26,7	37,2	44,1	48,0	50,8	52,9	59,4	65,8	72,2
180	19,8	27,6	32,7	35,6	37,6	39,2	44,0	48,8	53,5
360	11,4	15,9	18,8	20,5	21,7	22,6	25,3	28,1	30,8
720	6,4	8,9	10,5	11,5	12,1	12,6	14,1	15,7	17,2
1080	4,5	6,3	7,4	8,1	8,5	8,9	10,0	11,1	12,1
1440	3,5	4,9	5,8	6,3	6,6	6,9	7,8	8,6	9,4

Fonte: Piacatu-SP (DAEE, 2018).

Segundo a Prefeitura Municipal de Piacatu-SP, a partir da topografia proporcionada pelo Sistema de Drenagem Existente, conforme Apêndice A, pôde-se determinar os sentidos de escoamento das águas nas guias, onde tornou-se possível a determinação das áreas de contribuição do local de estudo.

Utilizou-se a equação 2, segundo a bibliografia de Azevedo-Netto (1998), para conseguir obter a vazão de cada boca de lobo para a área de contribuição.

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

L = comprimento da abertura, em m;

H = altura da água nas proximidades, em m, (0,13 m no caso padrão de sarjetas).

Utilizou-se a equação 3, nomeada fórmula de Manning (1890), segundo a bibliografia de Azevedo-Netto (1998), para indicar o diâmetro dos condutores, considerando desde o primeiro poço de visita até o último ponto desejável.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot 0,312 D^{8/3} \cdot I^{1/2} \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão de enchente na seção de drenagem, em m^3/s ;

n = os valores são apresentados por meio da natureza das paredes dos condutos;

D = diâmetro, em m;

I = declividade.

De acordo com Azevedo-Netto (1998) são estabelecidos os valores específicos da natureza das paredes dos condutos. No qual foi utilizado 0,016, seguindo o critério de canais com reboco de cimento não muito alisado e pequenos depósitos no fundo; revestidos por madeira não aplainada; de alvenaria construída com esmero; de terra, sem vegetação.

Seguiu-se com a elaboração da planta baixa, conforme Apêndice B, e resultando na realização do memorial de cálculo, onde foram demonstrados o comprimento do tubo de concreto, a quantidade de chaminés para os poços de visita, bocas de lobo, podendo ser, simples, dupla ou tripla, a escavação mecanizada, o reaterro, a imprimação betuminosa impermeabilizante, imprimação betuminosa ligante e a Camada de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

Por fim, utilizou-se a composição de preços para o orçamento da Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS) 171, determinando-se a planilha de orçamento e o cronograma físico-financeiro.

Resultados e Discussão

De acordo Azevedo-Netto (1998), com o coeficiente de escoamento superficial da bacia, a intensidade média da precipitação e a área total de contribuição foi encontrada a vazão do trecho estudado.

Com Sistema de Macrodrenagem, por meio do Apêndice A, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Piacatu-SP, foi encontrado a área total de contribuição da bacia, subdividida por área 1 (A_1) e área 2 (A_2): $A_1 = 131.107,2371 m^2$ e $A_2 = 40.313,7514 m^2$.

Separou-se a área total em duas pequenas áreas para assim conseguir trabalhar com uma tubulação com diâmetro menor, suficiente para cada área, pois se calculado o diâmetro da tubulação em relação à área total, resultaria em um diâmetro maior em todo o trecho sem necessidade, com o aumento do custo, e ainda existem bocas de lobo e poços de visita em ambas às áreas disponíveis para a captação e direcionamento da água pela galeria. Sendo assim, para o coeficiente de escoamento superficial (C), utilizou-se 60% devido às características observadas por meio da Tabela 1, na equação 1 o valor de (C) deve ser utilizado como 0,60. A intensidade média (i) foi encontrada por meio da Tabela 2, de acordo com as características: tempo de chuva como 10 minutos e período de retorno de 25 anos, o valor encontrado em mm/h foi transformado em m³/s como pede a equação 1.

Onde a vazão da (A₁) foi:

$$Q_1 = 3,127 \text{ m}^3/\text{s} = 3.127 \text{ l/s}$$

E a vazão da (A₂) foi:

$$Q_2 = 0,962 \text{ m}^3/\text{s} = 962 \text{ l/s}$$

Sendo assim, a vazão total do trecho resultou-se em:

$$Q_{total} = 4,089 \text{ m}^3/\text{s} = 4.089 \text{ l/s}$$

As vazões foram transformadas de m³/s para l/s, pois no cálculo da quantidade de bocas de lobo, os valores utilizados são em l/s.

De acordo Azevedo-Netto (1998), para encontrar a quantidade de bocas de lobo é necessário saber qual vazão cada boca de lobo atende, sendo assim utilizou-se a equação 2:

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (2)$$

O comprimento da abertura da boca de lobo (L) foi de 1,00 m, pois é o valor padrão das bocas de lobo, segundo Azevedo-Netto (1998), assim como a altura da água nas profundidades (H), sendo 0,13 m a altura padrão.

Sendo assim, a vazão da boca de lobo se da por:

$$Q_{BL} = 0,08 \text{ m}^3/\text{s} = 80 \text{ l/s}$$

Foi calculada a quantidade de bocas de lobo em cada área de contribuição de acordo com a vazão encontrada no cálculo acima suportada pelas bocas de lobo, sendo assim encontrou-se a quantidade de bocas de lobo pelo cálculo da vazão da área 1 dividido pela vazão de cada boca de lobo, portanto para área 1 (A_1):

$$\text{Bocas de lobo } (A_1) = \frac{3.127}{80} = 40 \text{ un}$$

E também, calculou-se a quantidade de bocas de lobo para (A_2):

$$\text{Bocas de lobo } (A_2) = \frac{962}{80} = 13 \text{ un}$$

Para o projeto levou-se em consideração as bocas de lobo já existentes no trecho da cidade de Piacatu-SP, sendo assim, foram locadas o número de bocas de lobo que faltavam em cada área, em pontos estratégicos.

Segundo Azevedo-Netto (1998), encontrou-se o diâmetro da tubulação por meio da fórmula de Manning (1890).

$$Q = \frac{1}{n} .0,312D^{8/3} . I^{1/2} \quad (3)$$

A vazão (Q) corresponde as vazões encontradas por meio das áreas 1 e 2; a natureza das paredes (n) foi descoberta de acordo com as características da tubulação; e a declividade (I) foi identificada conforme o perfil longitudinal encontrado no Apêndice B. Para o diâmetro da área 1 (A_1) tem-se:

$$Q_1 = \frac{1}{n} .0,312D^{8/3} . I^{1/2} \quad (3)$$

$$D_1 = 0,89 \text{ m} \simeq 1,00 \text{ m}$$

Na equação 3 utilizou-se a pior declividade do trecho. O diâmetro do tubo encontrado para a área 1 (D_1) foi o de 0,89 m, portanto o diâmetro encontrado é o de 0,90 m, por motivos de segurança o diâmetro utilizado no projeto foi o de 1,00 m. Para o diâmetro da área 2 (A_2) tem-se:

$$Q_2 = \frac{1}{n} .0,312D^{8/3} . I^{1/2} \quad (3)$$

$$D_2 = 0,98 \text{ m} \simeq 1,20 \text{ m}$$

A declividade utilizada para o cálculo do diâmetro da área 2 (D_2) também foi a do pior trecho. Assim como no diâmetro 1 (D_1), no diâmetro da área 2 (D_2), por motivos de segurança, usou-se no projeto o valor de 1,20 m.

De acordo com a Tabela 3, apresenta-se a monografia de Brigatti (2016), onde foram encontrados os seguintes resultados.

Tabela 3: Resultados adaptados de monografia.

PLANILHA DE CÁLCULO ÁGUA PLUVIAL GALERIAS	BACIA E SUB-BACIA						
	TRECHO	EXTENSÃO (m)	ÁREA (ha)	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (min)	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	VAZÃO (m ³ /s)	TUBO (mm)
	PV1-PV2	115,00	6,100	10,000	0,650	1,524	800
	PV4-PV2	127,00	3,180	10,000	0,650	0,795	800
	PV2-PV6	107,00	12,680	10,000	0,650	3,169	1.000
	PV6-PV8	127,00	15,670	10,000	0,650	3,916	1.200

Fonte: Brigatti (2016).

Através do estudo dos dados mostrados por Brigatti (2016), entende-se que os cálculos realizados nesse trabalho estão de acordo, pois como os trechos PV2-PV6 e PV6-PV8 de Brigatti (2016) mostram respectivamente, para a vazão de 3,169 m³/s usou-se diâmetro da tubulação de 1,00 m, e para a vazão de 3,916 m³/s utilizou-se diâmetro da tubulação de 1,20 m. Com os resultados obtidos, seguiu-se com o memorial de cálculo:

Tubo de concreto (PA-2), DN= 400mm, fornecimento e assentamento

98 tubo*1 m por tubo = 98 m

Tubo de concreto (PA-2), DN= 1000mm, fornecimento e assentamento

116 tubo*1 m por tubo = 116 m

Tubo de concreto (PA-1), DN= 1200mm, fornecimento e assentamento

123 tubo*1 m por tubo = 123 m

Chaminé para poço de visita do tipo PMSP em alvenaria diâmetro interno 70 cm - pescoço

04 chaminés para poço de visita

Boca de lobo dupla tipo PMSP com tampa de concreto

03 boca de lobo*01 unidade = 03 unidades

Boca de lobo tripla tipo PMSP com tampa de concreto

06 boca de lobo*01 unidade = 06 unidades

Poço de visita em alvenaria do tipo PMSP - Balão

04 poços de visita

Escavação mecanizada de valas ou cavas com altura até 3,00 m

98 m de tubo de 400mm*0,70 de altura*0,80 de largura = 54,88 m³

116 m de tubo de 1000mm*1,60 de altura*2,00 de largura = 371,20 m³

123 m de tubo de 1200mm*2,00 de altura*2,40 de largura = 590,40 m³

Total 1.016,48 m³

Reaterro compactado mecanizado de vala ou cava com rolo, mínimo 95% PN

Área do tubo 400mm = 0,12m² (área por tubo)*98m = 11,76m (área do tubo) -

54,88m³ (escavação) = 43,12 m³

Área do tubo 1000mm = 0,78m² (área por tubo)*116m = 90,48m (área do tubo) -

371,20m³ (escavação) = 280,72 m³

Área do tubo 1200mm = 1,13m² (área por tubo)*123m = 138,99m (área do tubo) -

590,40m³ (escavação) = 451,41 m³

Total 775,25 m³

Imprimação betuminosa impermeabilizante

98 m de tubo 400mm*0,80m = 78,40 m²

116 m de tubo 1000mm*2,00m = 232 m²

123 m de tubo 1200mm*2,40m = 295,20 m²

Total 605,60 m²

Imprimação betuminosa ligante

98 m de tubo 400mm*0,80m = 78,40 m²

116 m de tubo 1000mm*2,00m = 232 m²

123 m de tubo 1200mm*2,40m = 295,20 m²

Total 605,60 m²

Camada de rolamento em concreto asfáltico usinado a quente - CBUQ

605,60m² de imprimação ligante*0,03 = 18,168 m³

Por fim, a planilha orçamentaria e o cronograma físico-financeiro, estão representados respectivamente nos Apêndices C e D.

Cada item escolhido para a elaboração da planilha orçamentária, foram relevantes as regras para a aprovação do FEHIDRO, como também para uma melhor qualidade garantida pela prefeitura municipal, por meio da CPOS 171. Os tubos utilizados foram demonstrados por meio dos cálculos acima, de acordo com a necessidade do trecho estudado, seguindo um valor total da obra de R\$183.817,28.

O cronograma foi realizado durante seis meses, por regras estabelecidas pelo FEHIDRO, no qual é garantido uma posição melhor entre tantos outros municípios que também agregam o recurso. Os valores das parcelas são planejadas para que cada mês não sejam ultrapassados, e assim, balanceados durante toda a realização da obra.

Conclusões

A tubulação existente no município de Piacatu-SP, no trecho estudado, é insuficiente em dias de alto índice pluviométrico. Assim, uma nova galeria ao lado da existente, faz-se necessária, pois para substituir toda a galeria por uma

adequada, o trajeto seria maior do que o planejado tendo um alto custo, e por meio do recurso do FEHIDRO seria desfavorável.

O projeto sugere um aumento do diâmetro da tubulação para suportar esse índice pluviométrico, com quantidade adequada e bem distribuída de bocas de lobo. A boca de lobo que direcionava toda a água para a Avenida Dr. José Benetti é refeita para que assim possa também captar as águas excedentes.

Com o planejamento da implantação de uma nova galeria ao lado da existente, resultou-se que a galeria existente não seria descartada e, sim utilizada para continuar captando as águas do bairro Jardim Brasília. Assim, segundo o estudo, foi elaborado um projeto para aprovação no FEHIDRO, com um valor total de R\$183.817,28, com um prazo de seis meses para a execução.

Assim, para sanar o problema de alagamento encontrado na Avenida Dr. José Benetti é necessária a complementação de uma nova galeria no trecho, com diâmetros e declividades apropriados, como previstos no presente projeto, para que assim possa sanar qualquer risco e prejuízo no qual a sociedade está submetida.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, J. E. **ESTUDOS DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS DAS GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS COMO SUBSÍDIOS PARA GESTÃO PATRIMONIAL E ESTABELECIMENTO DE DIRETRIZES PARA PROJETOS DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA**. 2012. Dissertação (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Niterói.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários — Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2008. 30p.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. - São Paulo: Blucher, 1998.

BARROS, R. **EOS ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS. História do saneamento básico e tratamento de água e esgoto**. Disponível em: <<http://www.eosconsultores.com.br/historia-saneamento-basico-e-tratamento-de-agua-e-esgoto/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

BRIGATTI, Rafael. **GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS DE UMA CERTA REGIÃO DO MUNICÍPIO - PIACATU-S.P.** 2016. Monografia - Universidade Paulista - UNIP, Araçatuba.

CPOS - COMPANHIA PAULISTA DE OBRAS E SERVIÇOS. **Boletim Referencial de custos - Tabela de serviços com desoneração.** Versão 171. Vigência: 01/11/2017

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Precipitações Intensas no Estado de São Paulo.** 2018.

FEHIDRO - FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Sobre o FEHIDRO.** Disponível em: <<http://fehidro.sp.gov.br/portal/sobre>>. Acesso em: 06 out. 2018.

FILHO, F. C. M. M; COSTA, A. R. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Sistemática de cálculo para o dimensionamento de galerias de águas pluviais: uma abordagem alternativa.** Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/18162/11292>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

FUGITA, O. (coord.) (1980) - **Drenagem Urbana - Manual de Projeto. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** São Paulo, SP.

GRIBBIN, J. E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais - Tradução da 4 edição Norte-Americana.** São Paulo: Cengage Learning, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama do município de Piacatu.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/piacatu/panorama>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

LEPARGNEUR, H. **A água: qualidade de vida. O desafio do século.** O mundo da Saúde, 2004, (28); 364-372 p.

NETO, A. C. **Sistemas Urbanos de Drenagem.** Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIACATU. **Sistema de Drenagem Existente.** Piacatu, 2018.

REZENDE, T. C; BIANCONCINI, S. **REVISTA D.A.E. Normas para projetos de drenagem urbana: ante-projeto.** Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_80_n_871.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Rio de Janeiro: ABES, 2009.

Análise computacional da interação solo-estrutura em estruturas de diferentes números de pavimentos com fundações do tipo Sapata

Computational analysis of soil-structure interaction in structures of different numbers of floors with shallow type foundations

Guilherme Henrique Moura¹
Matheus Munhoz de Souza¹
Paulo Kioshi Nishikawa¹
André Luís Gamino²
Giuliano Mikael Tonelo Pincerato²
Cleverson Arenhart²

RESUMO

No presente trabalho foi realizada a análise dos efeitos nos esforços solicitantes e funcionamento das estruturas ao considerar o mecanismo de Interação Solo-Estrutura (ISE) em edifícios de concreto armado sobre fundações diretas do tipo sapatas isolada. Para obtenção dos resultados foram adotados três edifícios com o mesmo pavimento tipo, possuindo forma similar à observada em edificações no cotidiano, porém com 4, 8 e 12 pavimentos. Foi analisada a diferença de grandeza destes efeitos nos edifícios com diferentes números de pavimentos ao considerar a ISE, em busca da influência nos deslocamentos horizontais, além dos esforços nos pilares e vigas. Com isso, foi observado com precisão o quão importante é a consideração da ISE. Dentre as ferramentas utilizadas para a obtenção dos dados e resultados dos edifícios, estão as bibliografias referência ao tema e principalmente o software comercial de cálculo estrutural TQS (licença UniPro). Os resultados obtidos confirmaram a hipótese levantada por este e outros trabalhos realizados perante o tema, demonstrando o quanto a ISE se mostrou significativa para a redistribuição de esforços dos pilares, vigas e aumento dos deslocamentos.

Palavras-Chave: análise estrutural, interação solo-estrutura, recalque diferencial, TQS.

ABSTRACT

In this research was realized the analysis of the effects in the applicant efforts and operation of the structures when considering Soil-Structure Interaction (SSI) at reinforced concrete buildings above direct foundations of the isolated shallow type. For the obtainment of the results were adopted three buildings with the same floor type, which have similar shape to the observed in everyday life, however with 4, 8 and 12 floors. It was analyzed the difference greatness of this effects at the buildings with different number of floor considering SSI, to reach the influence in the horizontal displacements, beyond the pillars and beams efforts. Thereby, it was observed accurately how important is the considering of SSI. Between the used

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

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

tools to reach the data and results, are the theme reference bibliography and mainly the commercial software of structural calculation TQS (UniPro licence). The obtained results confirmed the hypothesis raised by this and others researches about the theme, proving how the SSI was significant to the redistribution of efforts in the pillars, beams and a displacements increase.

Key-words: computational analysis, soil-structure interaction, differential settlements, TQS.

Introdução

Houve durante muito tempo, determinada dificuldade para a realização de cálculos estruturais, impostas principalmente pela falta de tecnologia, fazendo com que alguns cálculos pudessem ser considerados impossíveis de serem realizados devidos de certa forma ao longo tempo de duração. Porém, com avanços tecnológicos, surgiram ferramentas computacionais que proporcionaram aos projetistas maior facilidade de execução destes.

No estudo realizado por Iwamoto (2000), ele argumenta contra a dicotomia entre superestrutura e infraestrutura, relatando a abordagem individualista adotada pelos profissionais de cada área, uma vez que a estrutura se comporta como conjunto, tanto a fundação como estrutura atuam juntamente, portanto, a única divisão que se deveria considerar é entre solo e estrutura.

Na prática, dificilmente todos os elementos de fundação estarão apoiados sobre solo perfeitamente rígido. Ou seja, haverá recalques, mesmo que dentro de uma faixa considerada admissível por norma. Onde as cargas transmitidas pelos pilares, que dificilmente são iguais entre si, ocasionam nos chamados recalques diferenciais. Normalmente estes não são previstos no projeto estrutural, uma vez que o mesmo considerou o solo como perfeitamente rígido.

Existem *softwares* que fornecem ao engenheiro civil métodos que podem mensurar estes recalques e a conseqüente redistribuição de esforços ainda em fase de projeto, proporcionando um projeto mais realista, seguro e econômico. Isso é possibilitado pela consideração do comportamento global da estrutura, obtendo resultados não separados para superestrutura e fundação, mas sim em um funcionamento simultâneo.

Para o presente trabalho, será utilizado o módulo SISEs (Sistema de interação solo-estrutura) do *software* comercial TQS, a fim de analisar os esforços

gerais em vigas e pilares, além dos deslocamentos horizontais em estruturas com diferentes números de pavimentos sobre fundações do tipo sapata isolada.

Materiais e métodos

Modelo estrutural

Para o lançamento do edifício, após as configurações básicas (título do projeto, cliente e endereço), foi selecionado o modelo estrutural, sendo adotado para a presente análise o modelo VI, por ser a melhor opção disponível, simulando de maneira mais próxima da realidade (Manual TQS Análise Estrutural, 2017).

Após a seleção do modelo estrutural, foi definido a quantidade e tipos de pavimentos, sendo analisada neste trabalho a mesma estrutura com quatro, oito e doze pavimentos.

Para utilização do modelo VI, foi necessário que o modelo estrutural selecionado para todos os pavimentos fosse “Grelha de lajes planas”, havendo a possibilidade para o projetista de modificar este modelo de análise de pavimento, caso assim desejar e o modelo de análise estrutural permitir.

Classe de agressividade ambiental

Pós-realizado o lançamento dos pavimentos, foi configurado a classe de agressividade ambiental, sendo adotada como II já que se trata da região central de Araçatuba-SP.

Na sequência, conferiu-se os cobrimentos sugeridos pelo TQS, gerados automaticamente conforme NBR 6118 (2014). Pode ser observado abaixo os valores sugeridos pelo programa e adotados para desenvolver a análise:

- Lajes gerais: 2,5 cm;
- Lajes protendidas: 3,0 cm;
- Vigas: 3,0 cm;
- Pilares: 3,0 cm;
- Fundações: 3,0 cm;

Prosseguiu-se a configuração dos critérios com a definição dos ponderadores de carga, onde foi optado por considerar separadamente as cargas

permanentes e variáveis sendo utilizados os coeficientes de ponderação prescritos pela NBR 6118 (2014).

Esforços de vento

Considerou-se para os esforços de vento, uma velocidade de 40 m/s, obtidos no gráfico das isopletas conforme sugere a NBR 6123 (1988), para a região noroeste do estado de SP.

O fator topográfico S1 do terreno foi adotado como plano ou francamente acidentado, característica predominante na região de Araçatuba – SP.

A categoria de rugosidade adotada foi a IV, que melhor representou a realidade de cidade do interior, ou seja, cidades pequenas e seus arredores.

A classe da edificação foi definida como “A”, pois nenhuma das dimensões da edificação (vertical ou horizontal) ter excedido 20 m.

E o fator estatístico selecionado foi 1,00, sendo caracterizado por edificações em geral com alta taxa de ocupação, como residências, comércios, etc.

A obtenção do coeficiente de arrasto informado é dada pela opção de “Calcular as CAs”, a qual se utiliza do ábaco do item 6.3 da NBR 6123 (1988), com dependência das dimensões das dimensões horizontais e da altura do edifício, alcançando valores diferentes para os três casos avaliados neste trabalho, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Valores de coeficiente de arrasto obtidos para cada caso.

	CA		
	4 Pavimentos	8 Pavimentos	12 Pavimentos
0º	0,99	1,09	1,16
90º	1,19	1,31	1,37
180º	0,99	1,09	1,16
270º	1,19	1,31	1,37

Fonte: autores.

Não-linearidade física nos efeitos globais de 2ª ordem

A não-linearidade física diz respeito ao comportamento dos materiais que compõem o concreto armado. Em resumo, diz-se que o concreto armado apresenta um comportamento não linear, em outras palavras, modifica-se de forma não proporcional quando submetido a certas cargas.

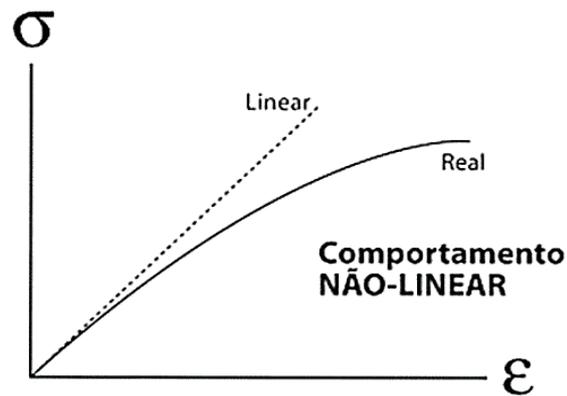


Figura 1. Curva tensão x deformação. Fonte: KIMURA (2007).

Dentro do cálculo dos efeitos globais de 2ª ordem, o TQS considera dois modelos independentes, um para ELU e outro para ELS, visando atender ao item 15.7.3 da NBR 6118 (2014), permitindo usar de forma aproximada a não-linearidade física do concreto para obter os deslocamentos, onde serão utilizados para a posterior consideração da não-linearidade geométrica.

No cálculo das condições em ELU, o *software* utiliza as reduções de inércia propostas pela norma:

- Rigidez das lajes = $0,3 E_{ci}I_c$;
- Rigidez das vigas = $0,4 E_{ci}I_c$;
- Rigidez dos pilares = $0,8 E_{ci}I_c$;

Onde:

- I_c : momento de inércia da seção bruta de concreto, quando for o caso, as mesas colaborantes;
- E_{ci} : valor representativo do módulo de elasticidade ou deformação tangente inicial do concreto.

Para as condições em ELS, os deslocamentos da estrutura para obtenção dos efeitos globais de segunda ordem são obtidos considerando de forma integral a rigidez secante do concreto:

- Rigidez das lajes, vigas e pilares = $1,0 E_{cs}$;

Não-linearidade geométrica

Similar à não-linearidade física, as estruturas apresentam comportamento não-linear no que diz respeito a suas características geométricas, quando submetidas a determinados esforços.

Kimura (2007) exemplifica didaticamente a diferença entre os efeitos de primeira ordem, aqueles na configuração inicial da estrutura e os efeitos de segunda ordem, dados com a estrutura em sua condição deformada.

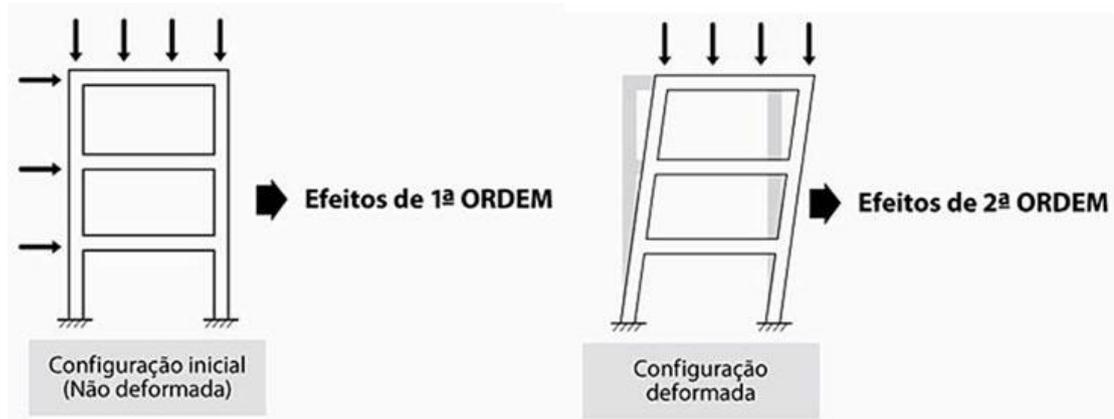


Figura 2. Diferença entre efeitos de primeira ordem e efeitos de segunda ordem. Fonte: Adaptado de KIMURA (2007).

O sistema CAD/TQS permite considerar os efeitos globais de segunda ordem por dois métodos distintos:

- Análise aproximada γ_z : método de cálculo aproximado que estima os efeitos de segunda ordem a partir dos efeitos de primeira ordem, método permitido pela NBR 6118 (2014) item 15.5.3;
- Análise não-linear geométrica P- Δ : o edifício é calculado através de iterações que acrescentam sucessivamente momentos decorrentes dos deslocamentos da estrutura até que exista convergência dos resultados;

Coefficiente γ_z

Desenvolvido por Franco; Vasconcelos (1991), este método permitido pela NBR 6118 (2014) com sua formulação no item 15.5.3, trata-se de um coeficiente de majoração dos esforços horizontais atuantes na estrutura para a condição de carregamento analisada.

Obtido através da expressão:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (1)$$

Onde:

- $M_{1,tot,d}$: é o momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura;
- $\Delta M_{tot,d}$: é a soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem.

A NBR 6118 (2014) orienta no item 15.7.2, que os esforços horizontais podem ser majorados por $0,95 \gamma_z$, porém somente em situações onde $\gamma_z < 1,3$.

Análise não-linear geométrica P-Δ

O termo P-Δ é utilizado para descrever o método iterativo que considera primeiramente uma análise de primeira ordem e, em seguida, realiza nova análise considerando os deslocamentos horizontais obtidos, assim sucessivamente até que se encontre o ponto de equilíbrio do edifício, ou seja, haja uma convergência dos valores ou se atinja um valor dentro de uma faixa considerada aceitável ou ainda se realize um número máximo determinado de iterações.

Segundo Iglesia (2016), o momento M_i é produzido pela ação vertical P_i em função do deslocamento Δ_i :

$$M_i = P_i \cdot \Delta_i \quad (2)$$

Este efeito é convertido em forças laterais equivalentes aplicadas nos pavimentos “i” e “i-1” como descrito na fórmula abaixo e ilustrado na Figura 3.

$$\Delta V_i = \frac{P_i}{H_i} \cdot \Delta_i \quad (3)$$

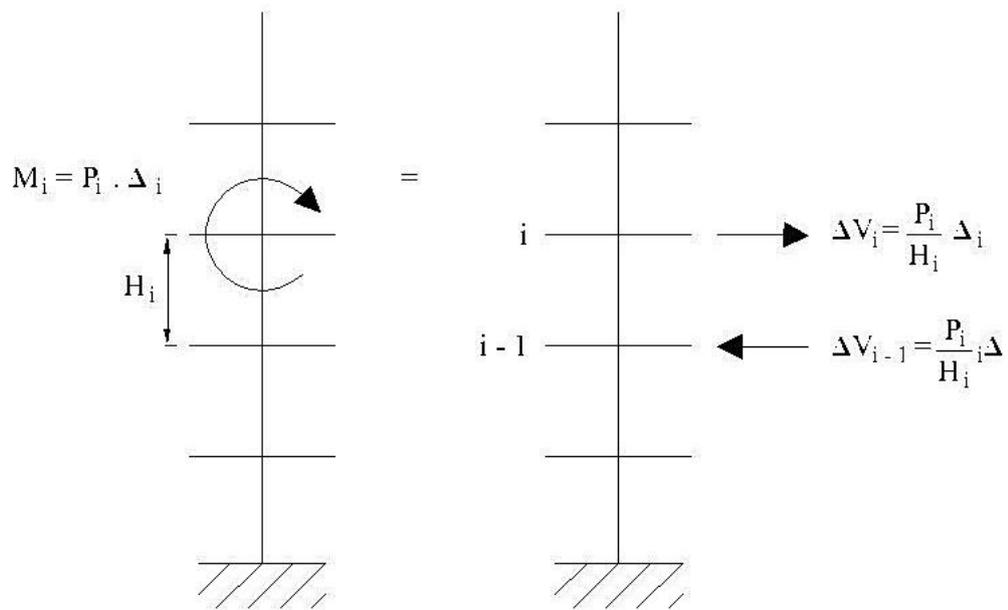


Figura 3. Momentos e forças laterais equivalentes. Fonte: Adaptado de IGLESIA (2016).

Para este trabalho, foi optado o cálculo dos efeitos globais de 2ª ordem através do método P- Δ pelo seu refinamento e maior precisão.

É possível configurar no TQS, a quantidade de iterações que serão realizadas e a tolerância relativa (tolerância para a diferença entre os valores das interações). Neste trabalho foram mantidos o valor máximo de iterações como 50 e a tolerância relativa de 0,001, por serem considerados valores aceitáveis quanto à precisão exigida para um edifício simples.

No pórtico espacial é possível adicionar um coeficiente majorador da rigidez dos pilares, realizando a simulação do efeito construtivo dos pavimentos, que quando não considerada pode levar a esforços na estrutura muito diferentes da realidade. Porém da mesma forma, adicionar rigidez aos pilares pode levar a situações contra a segurança nos efeitos globais de 2ª ordem, reduzindo os valores frente aos reais.

Para resolver esse dilema, o TQS realiza o cálculo em duas etapas distintas: primeiro calcula de forma linear os esforços verticais, sem iteração, considerando majoração na rigidez dos pilares e armazena os esforços. Em uma segunda etapa calcula de forma não-linear e de forma iterativa os esforços horizontais, considerando as deformações obtidas no primeiro passo, na primeira iteração e nas próximas iterações, sendo a matriz de rigidez geométrica corrigida com acréscimos dos esforços horizontais até que se alcance a estabilidade da edificação.

O deslocamento nodal final é obtido com a somatória das parcelas obtidas nos dois passos.

Efeitos construtivos

Na construção de um edifício, os carregamentos são lançados nos pilares de forma gradual, o que compensa gradativamente os deslocamentos axiais e eleva a rigidez dos pilares. A não consideração do efeito construtivo leva a valores de projeto não condizentes com a realidade. No TQS esse fator de aumento recebe o nome de MULAXI.

Para este trabalho foi utilizado o valor 3, sendo um padrão do programa para o aumento da rigidez axial dos pilares, onde ao adotar valor 1 não é considerada rigidez adicional nos pilares e, assim, não é realizada uma simulação do efeito construtivo.

Lançamento do edifício no TQS

Para realizar a análise neste trabalho, criou-se um formato de edifício próximo ao observado em prédios residenciais e comerciais, com dimensões de 15,00 x 10,00 m, conforme demonstrado na figura 4.

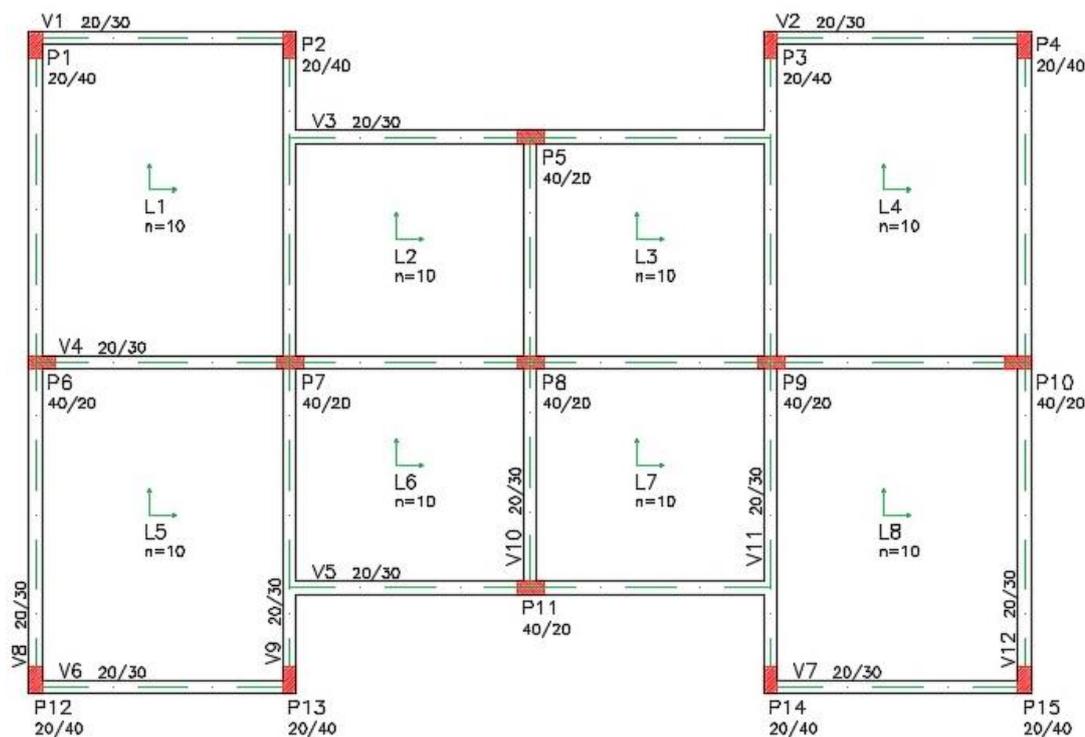


Figura 4. Planta baixa do edifício no modelador TQS. Fonte: autores.

No edifício com 4 pavimentos, todos os pilares foram dispostos na seção de 20x40 cm, vigas de 20x30 cm e lajes 10 cm de espessura. O mesmo se aplicou aos demais, com exceção das dimensões dos pilares externos (P1, P2, P3, P4, P12, P13, P14 e P15) os quais foram alterados para 20x60 cm no caso com 8 pavimentos e 20x100 cm com 12 pavimentos.

Processamento dos esforços

Após selecionar o modelo de análise estrutural, definir os critérios e lançar da estrutura, se realizou o processamento dos esforços atuantes na estrutura, através do “Processamento Global”.

Abriu-se a janela de configurações do processamento global, a qual foi configurada conforme pode ser visto na Figura 5. Foram marcadas somente as opções pertinentes à obtenção dos esforços solicitantes, os quais são gerados graficamente pelo *software* por meio de pórticos espaciais, ignorando as demais opções que dizem respeito ao dimensionamento e detalhamento das armaduras.

A imagem mostra a interface de configuração do processamento global, dividida em vários painéis:

- Planta de formas:** Não processar; Processar plantas extraídas (LDFs); Extração gráfica e processamento; Desenhar planta de formas.
- Lajes:** Não processar; Esforços, processo simplificado; Esforços e desenho.
- Escadas:** Dimensionamento, detalhamento, desenho.
- Incêndio:** Verificar elementos estruturais a incêndio.
- Grelhas:** Gerar o modelo (botão Limpar); Desenho de dados; Extração do desenho de grelha; Processamento do modelo; Transferência de esforços para vigas; Transferência de esforços para lajes; Grelha não linear (flechas) (botão Parâmetros).
- Vigas:** Não processar; Somente esforços; Dimensionamento, detalhamento; Dimensionamento, detalhamento, desenho.
- Pilares:** Processamento paralelo; Gravação de geometria e cargas verticais; Não processar; Dimensionamento, detalhamento; Dimensionamento, detalhamento, desenho.
- Fundações:** Não processar; Dimensionamento, detalhamento; Dimensionamento, detalhamento, desenho.
- Outros:** Forçar reprocessamento; Mostrar avisos/erros.

Abacixo dos painéis, há botões para selecionar o tipo de saída: "Somente esforços", "Esforços e armaduras" e "Pré-moldados".

Figura 5. Configuração do processamento global. Fonte: autores.

Duplicação do edifício

Após ter obtido os esforços com uma base rígida, inclusive das reações na base dos pilares, as quais serão utilizadas para dimensionamento das sapatas,

duplicou-se então o arquivo do edifício para possibilitar o processamento dos esforços no mesmo edifício, porém desta vez considerando de forma global a superestrutura e infraestrutura (fundações), observando como a interação com o solo influenciará os esforços atuantes na estrutura.

Duplicado o edifício, a cópia foi renomeada e selecionada na árvore de projeto. Prosseguiu-se ao módulo “TQS Formas” e dentro dele a opção “Exportar para SISEs”.

Importação da estrutura no módulo SISEs

Prosseguindo com o dimensionamento do edifício, para obtenção dos valores da interação com o solo foi acionado o módulo SISEs.

Dentro do módulo SISEs, foi importada a estrutura do edifício juntamente com seus carregamentos.

CrITÉRIOS de projeto para o SISEs

Após a importação da estrutura no módulo SISEs, foi necessário editar os critérios de projeto que serão utilizados para o dimensionamento dos elementos da fundação.

Os valores padrões do TQS foram mantidos para os critérios de projeto, porém como o objetivo deste trabalho é aproximar-se da realidade, foi utilizado um ensaio SPT real, realizado na cidade de Araçatuba.

Para utilização do ensaio citado, foi alterado o parâmetro correspondente ao método de cálculo utilizado para obtenção do Coeficiente de Reação Vertical (CRV), sendo adotado o método de “Recalque vertical estimado - Teoria da Elasticidade (Teixeira; Godoy, 1996)”, tanto para areia quanto para argila.

Dentre as opções disponíveis, este método adotado se destaca por ser mais preciso ao não utilizar apenas valores tabelados, relacionando a resistência de ponta obtida através do ensaio SPT com o tipo de solo.

Dados de sondagem SPT

Após os critérios de projeto serem definidos, procedeu-se à etapa do lançamento da sondagem do solo. Conforme dito anteriormente, para manter o

trabalho próximo à realidade foi utilizado um ensaio de SPT realizado na cidade de Araçatuba-SP, em cuja obra foram utilizadas fundações do tipo sapata.

No lançamento dos dados de sondagem, selecionou-se a opção “Dados de sondagem”, onde foram inseridos os respectivos valores do ensaio, o qual pode ser contemplado na Figura 6.

Nível do solo: (0m)

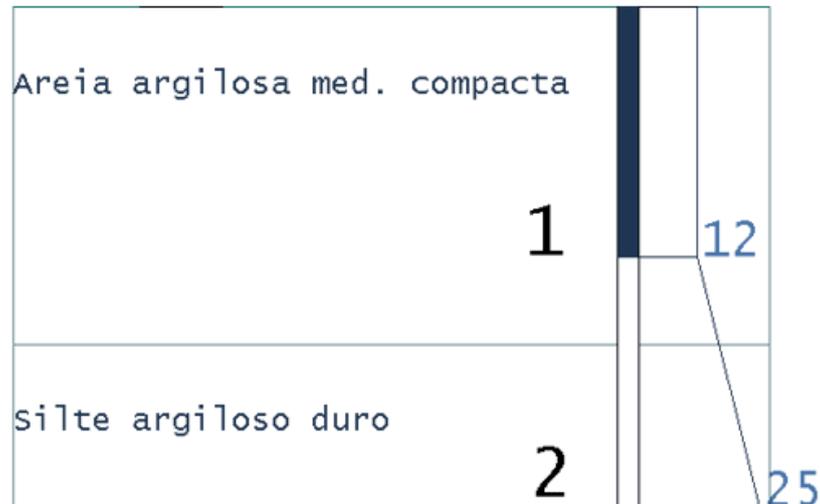


Figura 6. Sondagem SPT. Fonte: autores.

Para cada camada de solo foi necessário atribuir os valores necessários aos cálculos de capacidade de carga e CRV, com base nos critérios anteriormente adotados. Para obtenção da capacidade de carga o *software* disponibiliza opções de valores tanto para relações diretas ao SPT propostas por Teixeira; Godoy (1996), como para correlações empíricas. Neste trabalho foram adotados os valores representativos destas correlações empíricas, por desconhecimento dos reais parâmetros do solo em questão.

Camada 1: Areia medianamente compacta, cota 0 até 1,35 m:

- a) Ângulo de atrito interno: 32,5°;
- b) Coesão efetiva/não drenada: 0/0 tf/m²;
- c) Peso específico natural/saturado: 1,9/2,1 tf/m³;
- d) $K = 0,55$ e $\alpha = 3$;
- e) Tensão admissível: 2,0 kgf/cm²;

Camada 2: Silte argiloso duro, cota 1,35 até 2,30 m:

- a) Ângulo de atrito interno: $27,5^\circ$;
- b) Coesão efetiva/não drenada: $0/3 \text{ tf/m}^2$;
- c) Peso específico natural/saturado: $1,8/1,8 \text{ tf/m}^3$;
- d) $K = 0,25$ e $\alpha = 5$;
- e) Tensão admissível: $3,0 \text{ kgf/cm}^2$;

Elementos de fundação – sapatas isoladas

Foram inseridos na sequência os elementos de fundação, selecionando a opção “Editores de fundações” e selecionando a opção “Sapatas Isoladas”.

Dentro do menu de edição de sapatas isoladas, é possível realizar o lançamento dos elementos de forma manual, ou deixar que o *software* realize o pré-dimensionamento de modo automático, conforme os critérios, que podem ser editados caso o projetista desejar.

Neste trabalho foi adotado a opção de pré-dimensionamento automático, sendo o mais utilizado na prática.

A NBR 6122 (2010) determina a dimensão mínima para sapatas como 0,60 m, porém o usual é adotar-se valores maiores que 0,80 m, dimensão mínima que foi adotada para este trabalho na intenção de utilizar valores adotados na prática.

Após o pré-dimensionamento é possível conferir os valores sugeridos para as sapatas e realizar a edição destes caso o projetista deseje. Não se fez necessário neste trabalho, uma vez que os valores calculados se mostraram satisfatórios.

Com as sapatas dimensionadas, é possível visualizar todas em planta, e ativando a opção “Visualizar Fz” é possível ainda verificar as dimensões do pilar e sapatas juntamente com a carga exercida do pilar sobre a sapata, conforme o exemplo demonstrado da sapata 1 na Figura 7.

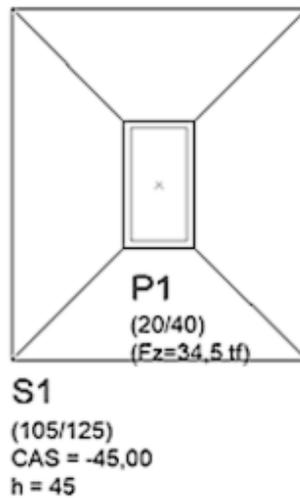


Figura 7. Sapata 1. Fonte: autores.

Processamento da fundação

Definidos os elementos de fundação e configurados os critérios de projeto, realizou-se o processamento de cálculo dos pórticos juntamente com os elementos de fundação e tipo de solo, selecionando as opções desejadas a serem calculadas. Para este trabalho, foram selecionadas todas as opções disponíveis.

Após o processamento foi possível visualizar os valores obtidos para os coeficientes de reação vertical e horizontal (CRV e CRH) de cada sapata, que seriam utilizados para interação com o pórtico espacial, por exemplo na sapata 1, demonstrado na Figura 8.

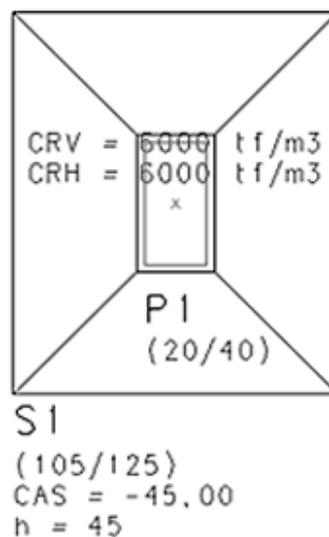


Figura 8. CRV e CRH da sapata 1. Fonte: autores.

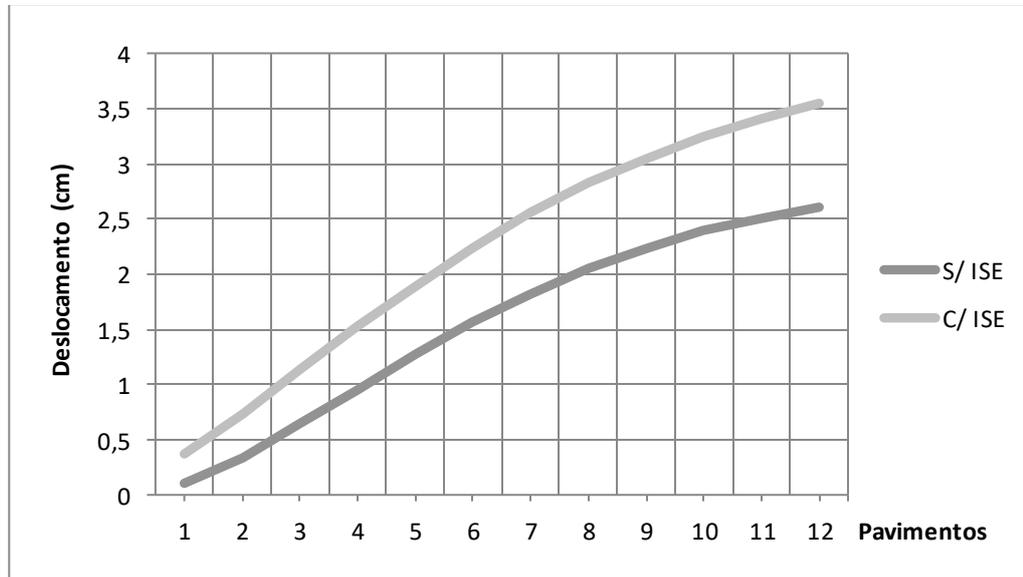
Exportação dos valores para projeto estrutural

Por fim, os valores calculados através do módulo SISEs foram exportados para o projeto estrutural através da opção “Exportar para o projeto estrutural”, sendo realizado o processamento global novamente, desta vez considerando os recalques e coeficientes de reação vertical e horizontal obtidos nas bases dos pilares no pórtico espacial, de tal maneira, obtendo os casos com interação solo-estrutura.

Resultados e discussões

Deslocamentos horizontais

Os deslocamentos horizontais observado seguiram a mesma ideia dos encontrados nos estudos de Iwamoto (2000). Ao avaliar o pórtico central envolvendo os pilares P5, P8 e P11 no sentido mais prejudicial foi observada uma **Gráfico 1**. Deslocamentos horizontais ao longo dos pavimentos (edifício de 12 pavimentos). de 12 pavimentos, conforme o Gráfico 1.



Fonte Autores.

Esforços normais dos pilares

Observando os três diferentes casos percebeu-se que o número de pavimentos não gera grande influência sobre os efeitos, já que os valores

assumiram comportamentos bastante semelhantes, diferindo apenas de forma não significativa nas proporções das redistribuições.

Foi possível perceber a migração dos esforços axiais conforme já observado anteriormente por Antoniazzi (2011), sendo dos pilares centrais mais carregados (principalmente P7 e P9) para os periféricos em valores relativamente significativos, alcançando a faixa de aumento de até 52kN para o caso do edifício de 12 pavimentos (Tabela 2).

Tabela 2. Redistribuição de esforços axiais no edifício de 12 pavimentos.

Pilar	S/ ISE	C/ ISE	C/ ISE - S/ ISE	% alteração
	N (kN)			
P1	1058,17	1109,19	51,02	4,82
P2	1384,92	1404,58	19,66	1,42
P3	1391,07	1410,74	19,67	1,41
P4	1059,39	1111,31	51,92	4,90
P5	1249,46	1301,33	51,87	4,15
P6	1567,71	1547,77	-19,94	1,27
P7	2049,25	1906,17	-143,08	6,99
P8	1893,69	1836,68	-57,01	3,01
P9	2071,94	1922,81	-149,13	7,20
P10	1574,89	1556,04	-18,85	1,20
P11	1267,04	1315,83	48,79	3,85
P12	1066,96	1117,03	50,07	4,69
P13	1403,27	1425,35	22,08	1,57
P14	1411,25	1433,05	21,8	1,54
P15	1066,98	1118,1	51,12	4,79

Fonte: autores.

Efeitos nas vigas

Ao observar os valores obtidos, ficou perceptível uma tendência de alívio nos momentos fletores negativos nos tramos de vigas conforme o aumento dos pavimentos. O mesmo efeito ocorreu nos três edifícios analisados, variando apenas a proporção das diferenças entre os valores, tal que quanto maior a rigidez e cargas aplicadas, menores as distâncias entre os valores.

No edifício com 12 pavimentos fica bastante evidente a maior influência desta redistribuição nos 4 pavimentos iniciais (Tabela 3), tendendo a haver cada vez menos alteração nos valores ao se alcançar maiores alturas.

Tabela 3. Redistribuição de esforços axiais no edifício de 12 pavimentos.

Pavimento	My (kN.m)		Diferença (kN.m)
	S/ ISE	C/ ISE	
1	47,22	50,02	2,8
2	51,37	52,97	1,6
3	52,87	52,72	-0,15
4	52,43	51,13	-1,3
5	50,71	48,53	-2,18
6	48,23	45,41	-2,82
7	45,37	42,08	-3,29
8	42,43	38,81	-3,62
9	39,67	35,81	-3,86
10	37,27	33,26	-4,01
11	35,63	31,51	-4,12
12	12,46	8,22	-4,24

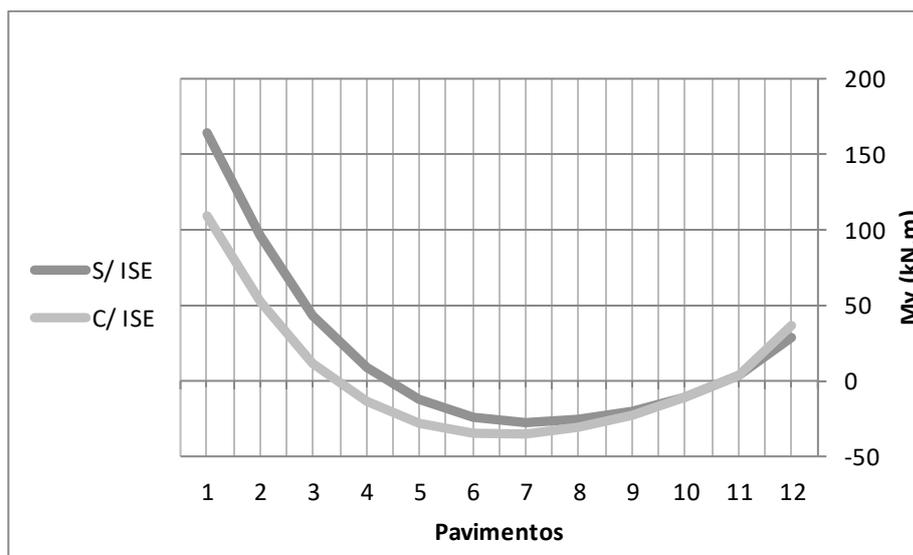
Fonte: autores.

Momentos fletores nos pilares

Além dos esforços axiais, foi possível observar mudança nos momentos fletores de todos os pilares, os quais também sofreram redistribuição. Ao comparar os três edifícios não foi encontrada nenhuma relação direta desta redistribuição com o fato do aumento de número de pavimentos.

Com base no observado nos valores de momento fletor no topo do pilar P14 (Gráfico 2) foi possível perceber que a influência na alteração dos esforços tem maior intensidade nos primeiros pavimentos, conforme o esperado, tendendo a adquirir continuamente menor divergência conforme se alcançam maiores alturas.

Gráfico 2. Momentos fletores no topo do pilar P14 (caso de 12 pavimentos).



Fonte: autores.

Conclusões

Os resultados alcançaram o patamar esperado, já que se assemelharam bastante aos encontrados em trabalhos bem elaborados sobre o tema anteriormente, como Antoniazzi (2011) e Iwamoto (2000). Houve desde a redistribuição de esforços axiais nos pilares, deslocamentos horizontais superiores e alterações nos momentos fletores de pilares e vigas, todos os mesmos efeitos já observados.

Foi observado ainda na análise que a configuração geométrica da estrutura, por possuir determinada simetria e igualdade da planta baixa para todos os pavimentos, fez com que os resultados dos três edifícios mantivessem determinada proporção. Com isso ficou evidente que de fato o número de pavimentos não influencia de maneira significativa nas redistribuições, mantendo-se a maior influência dentre os pavimentos iniciais.

Conclui-se portanto por meio dos dados obtidos que é indispensável a consideração da interação solo-estrutura e dos próprios recalques diferenciais, principalmente em edifícios construídos sobre fundações diretas, visto que ao ignorar os efeitos da mesma o funcionamento da estrutura pode diferir quase que totalmente do previsto em projeto. Este fato pode ser problemático, em alguns casos ocasionando apenas patologias menos consideráveis como as conhecidas trincas de alvenaria, porém em outros podendo causar até mesmo a ruína de elementos estruturais.

Referências bibliográficas

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

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ANTONIAZZI, J. P. **Interação solo-estrutura de edifícios com fundações superficiais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2011.

FRANCO, M.; VASCONCELOS, A. C. **Practical assessment of second order effects in tal building**. 1991. *Colloquium on the CEB-FIP MC 90*, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

IGLESIA, S. M. **O efeito P-Delta nas estruturas de edifícios**. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/wp-content/uploads/2016/08/Ebook-O-Efeito-P-Delta.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2018.

IWAMOTO, R. K. **Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda**. Tese de Mestrado em Engenharia de Estruturas – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

KIMURA, A. E. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado: cálculo de edifícios com o uso de sistemas computacionais**. 1ª.ed. São Paulo: Pini, 2007.

TEIXEIRA, A. H.; GODOY, N. S. **Análise, projeto e execução de fundações rasas**. In: HACHICH et al. (eds.). *Fundações: Teoria e prática*. São Paulo: Pini. Cap. 7, p. 227-264, 1996.

TQS Informática Ltda. **Manual de Análise Estrutural:** Projeto Estrutural de Edifícios de Concreto Armado, Protendido, Pré-Moldados e Alvenaria Estrutural (V20). São Paulo, 2017.

TQS Informática Ltda. **Manual Teórico SISEs (Sistema de Interação Solo-Estrutura).** São Paulo, 2011.

Análise de técnicas de recuperação de buracos na pavimentação asfáltica da cidade de Araçatuba-SP

Analysis of hole recovery techniques in the asphalt paving of the city of Araçatuba-SP

Lucas Matheus Guerra Dos Santos¹

Ágatha Stela de Moraes²

Avelino Aparecido Rocha²

RESUMO

A cidade de Araçatuba-SP, tem em sua malha viária ruas e avenidas que se encontram com problemas no revestimento da pavimentação. Não é necessário percorrer longos caminhos pela cidade, para as avarias serem constatadas. O principal defeito são as chamadas “panelas” ou buracos. O foco do trabalho não foi a ocorrência de tal problema e suas causas, mas o que vem sendo feito para que seja solucionado. Foram acompanhadas algumas operações “tapa-buraco” e verificadas as técnicas utilizadas, estas foram comparadas com outras nacionais, e obteve-se resposta para o fato de após curto tempo, alguns dos buracos “tapados”, serem abertos novamente, não por conta de serviços mal executados, mas pela falta de critérios técnicos no procedimento para resolver as patologias.

Palavras-Chave: Tapa-buraco; Araçatuba; asfalto degradado; técnicas de restauração; recuperação asfáltica no Brasil.

ABSTRACT

The city of Araçatuba-SP, has in its mesh streets and avenues that have problems in the flooring of the pavement. It is not necessary to go long ways through the city, for the damages to be verified. The main defect is the so-called "pans" or holes. The focus of the work was not the occurrence of such a problem and its causes, but what has been done to be solved the problem. A few hole-recovery operations were followed and the techniques used were checked, compared to other nautical techniques, and the answer was that after a short time some of the "tapped" holes were opened again, not because of poorly executed services, but for the lack of technical criteria in the procedure to solve the pathologies.

Keywords: Hole cover; Araçatuba; degraded asphalt; restoration techniques; asphalt recovery in Brazil.

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

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

Introdução

É um direito fundamental do ser humano o poder de ir e vir, sendo até um dos deveres do Estado, garantir que esse direito seja concedido a todos os cidadãos. Para que tal tarefa fosse executada da melhor forma possível, com o passar do tempo, foi necessária a criação de meios de transporte e também caminhos melhores para que as pessoas se locomovessem. Uma dessas melhorias alcançadas ao longo do tempo foi a de se ter rodovias, estradas e ruas pavimentadas, a fim não só de garantir o tal direito fundamental citado, mas também o garantir com conforto, agilidade e velocidade, entre outras características. Sendo assim, é de grande importância que haja em qualquer cidade do Brasil, uma pavimentação adequada com os padrões estabelecidos e normatizados pelo DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transportes).

Entende-se como pavimento uma camada homogênea colocada sobre o subleito e que serve para dissipar sobre a base os esforços verticais e horizontais, garantir maior conforto, segurança e velocidade aos usuários, seja de tráfego animal, humano ou de máquinas[1]. Porém com a utilização frequente desses caminhos, os pavimentos são expostos aos agentes que fazem com que o pavimento tenda a ser desgastado, devido a efeitos diversos, tais como trânsito intenso e condições climáticas, o que afeta o revestimento do pavimento. No caso do pavimento flexível, chamado asfalto, uma das formas que mostra o desgaste do revestimento são as chamadas painelas ou buracos, que são exemplificadas nas Figuras 01 e 02.



Figura 01: Buracos encontrados em trecho da Avenida José Teles de Menezes, Araçatuba - SP. Fonte: autores.



Figura 02: Buracos encontrados na Avenida José Teles de Menezes, Araçatuba-SP.

Fonte: autores.

Na cidade de Araçatuba, interior de São Paulo, há várias ruas e avenidas que apresentam tal problema, sendo tão incidente o defeito que, em meios de comunicação, por exemplo em reportagem realizada pelo repórter Ivan Ambrósio com morador da cidade, no jornal *Folha da Região*, a população expressou a sua insatisfação e preocupação com os perigos que os buracos podem ocasionar, como por exemplo, problemas em automóveis e problemas com agentes transmissores de doenças, conforme mostra o trecho da entrevista a seguir:

A cada dia os buracos aumentam em tamanho e em quantidade. Além disso, acumulam água, causando mau cheiro e se tornam ponto de criadouro para o mosquito que transmite a dengue, o zika e a chikungunya. É preciso que algo seja feito com urgência, pois os buracos tiram a estabilidade de quem está dirigindo e pode fazer com que o motorista acabe perdendo o controle da direção e cause um acidente.[2]

Com base em resposta dada pelo próprio órgão que realiza a recuperação dos pavimentos, retirada da mesma entrevista realizada pelo jornal “Folha da Região” verifica-se que há uma preocupação para que haja um tratamento desses ocorridos, conforme citada:

Questionada, a Prefeitura informou, em nota, que tem conhecimento do problema e que tem feito a recuperação de vias. A avenida, de acordo com o Executivo, está no cronograma da Sosp (Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos) para as próximas semanas.[2]

Baseado nessa informação entende-se que a recuperação da pavimentação asfáltica é um serviço indispensável à cidade. Por isso, é extremamente necessário que esse serviço, não seja entregue de qualquer forma, mas de forma a garantir que haja solução efetiva e o problema não ocorra novamente. É fundamental que haja uma pré-análise do estado do revestimento asfáltico a fim de se decidir entre duas técnicas de restauração do pavimento sendo elas o recapeamento ou a operação tapa-buraco. A primeira é realizada quando o estado do revestimento em geral se encontra muito deteriorado (Figura 03), tanto nos arredores em torno do buraco como em outros pontos do revestimento e não apresentam condições para que se haja uma boa ligação entre o asfalto antigo e a massa asfáltica a ser lançada sobre o buraco. A segunda, por sua vez, deve ser realizada quando as condições do revestimento ao redor do buraco não apresentam uma superfície deteriorada (Figura 04).



Figura 03: Exemplo de revestimento asfáltico onde a solução é o recapeamento.

Fonte: autores.



Figura 04: Exemplo de revestimento asfáltico onde a solução é o tapa-buraco.

Fonte: autores.

Embora seja necessária essa análise para decidir-se qual a técnica que seria utilizada para o reparo das panelas, o mais usado e que sempre aparece como sendo prioridade é a técnica de “tapa-buraco”, pois ela apresenta custos menores, e tanto a mão de obra quanto os serviços feitos são menores também. Quando se trata de observar a norma técnica regulamentar, em território nacional, esses serviços são especificados como remendos. É importante ressaltar que embora haja vários fatores citados na norma técnica que são levantados para projeto de recuperação asfáltica, há ainda uma série de critérios que são analisados tecnicamente por meio de equações e cálculos, porém esse trabalho não irá focá-los, pois objetiva-se com ele ter um âmbito mais prático do que técnico.

É extremamente necessário a manutenção da malha rodoviária em todo o território nacional a fim de garantir uma boa trafegabilidade, tendo esta, características como conforto, economia e segurança. Conforme o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes - (2006) o processo de recuperação dos pavimentos faz parte desse processo de manutenção rodoviária. Não se deve confundir os termos “manutenção” e “conservação” pois este primeiro citado só acontece em decorrência de uma má execução do segundo.

Se o processo de conservação da rodovia não for realizado adequadamente, aumenta-se a necessidade de que processos de manutenção sejam executados. O processo de recuperação e restauração é um processo realizado em pavimentos deteriorados a fim de garantir que através de intervenções técnicas, esses tenham melhores características do que quando verificados em situação de desgaste[3].

A primeira coisa a ser verificada antes de se iniciar um projeto de recuperação asfáltica é uma análise dos fatores que tem contribuído para que haja o desgaste do pavimento, sendo que os três principais fatores são[3]:

- a) Condição atual do pavimento com relação aos defeitos da superfície;
- b) Solicitações de tráfego, em termos de número de repetições de carga por eixo padrão durante o período de projeto;
- c) Capacidade estrutural do pavimento existente.

Levantados esses fatores é necessário que haja um projeto de restauração do pavimento, que tenha uma solução técnica e economicamente adequada ao caso em que for feito a restauração. Porém como podem haver situações onde a solução técnica adequada não é a mesma economicamente, e vice-versa, o roteiro a ser seguido a fim de uma análise mais superficial do pavimento ser realizada (DNIT, 2006):

- a) Determinar as causas dos defeitos dos pavimentos;
- b) Desenvolver uma lista de soluções possíveis que apropriadamente atendam o problema;
- c) Selecionar a medida de restauração adequada, dadas as restrições econômicas ou outras de projeto.

Durante o processo de conservação dos pavimentos, é importante serem levantados os níveis de trincamento, desagregação ou deformação, para que, sendo conhecidos esses índices, verifique-se a necessidade do projeto de restauração do pavimento, e esses levantamentos são constatados por meio de avaliações que o DNIT normatiza. Essas avaliações podem ser objetivas ou subjetivas, e apresentam uma série de índices, cálculos e equações presentes no Manual de Restauração da

Pavimentos Asfálticos – DNIT (2006). Dentre os índices apresentados, é relevante mencionar: ICPF – Índice de Condição do Pavimento Flexível, VSA – Valor de Serventia Atual e IRI – International Roughness Index (Índice de irregularidade de superfície).

O ICPF é demonstrado através de uma avaliação, onde dois profissionais técnicos percorrem determinado trecho de uma via a uma velocidade mínima de 40km/h e atribuem nota a esse trecho, onde a média das notas se torna o conceito de ICPF, conforme mostra a Tabela 1(DNIT, 2006):

Tabela 1: Conceitos de ICPF.

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
ÓTIMO	Necessita apenas de conservação rotineira	5 - 4
BOM	Aplicação de lama asfáltica - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
REGULAR	Correção de pontos localizados ou recapeamento - pavimento trincado, com painelas e remendos pouco frequentes ou irregularidades longitudinal ou transversal	3 - 2
RUIM	Recapeamento com correções prévias - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos	2 - 1
PÉSSIMO	Reconstrução - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Restauração do revestimento e as demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: DNIT (2006).

O VSA é calculado da mesma forma que o ICPF, esse procedimento foi criado pela AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) e consiste em uma avaliação feita após um ou um grupo de avaliadores percorrer determinado trecho de rodovia e atribuir notas de 1 a 5, conforme demonstrado pela figura 05. Levantadas as notas dadas pelos avaliadores, essas são inseridas na seguinte fórmula:

$$VSA = \frac{\sum x}{n}$$

Onde:

VSA: Valor de Serventia Atual

x: notas dadas pelos avaliadores

n: número de avaliadores

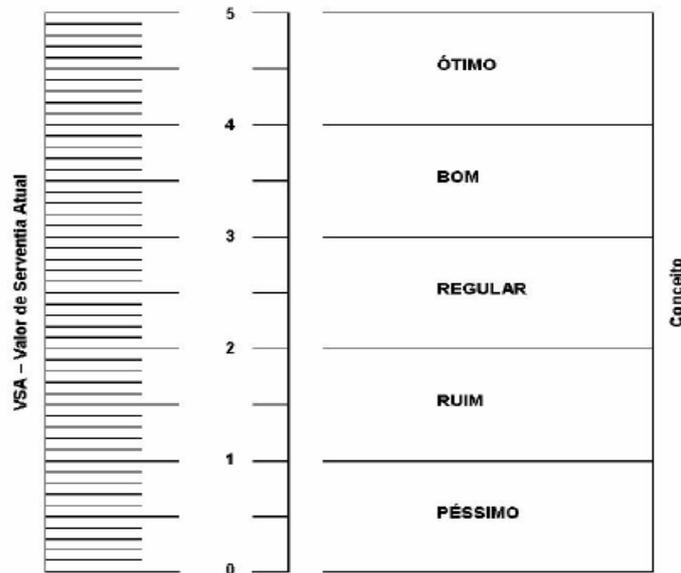


Figura 05: Ficha de Avaliação de Serventia. Fonte: DNIT (2006).

O DNIT indica que a irregularidade, mesmo podendo ser medida em diversas escalas padronizadas, é mensurada através de uma relação com QI – Quociente de Irregularidade, sendo a equação que relaciona estes parâmetros: $QI = 13 IRI$. O IRI é definido matematicamente a partir de um perfil de nível e mira (ou equipamento similar) nas trilhas de roda, visando simular os movimentos verticais de um “Sistema Medidor de Superfície de Pavimento”, ainda conforme DNIT (2006). Estabelecida essa relação, são utilizados os conceitos da Tabela 2 para avaliar e conceituar o pavimento através do IRI, nela também estão indicados IGG – Índice de Gravidade Global, conceito que é mensurado através das análises de trincas, fendas e panelas; e TR – Conceitos do nível de trincamento encontrado no pavimento.

Tabela 2: Condições de superfície de pavimento.

Conceito	Irregularidade		ICPF	IGG	TR
	QI (cont./km)	IRI (m/km)			
Excelente	13-25	1-1,9	5-4	0 – 20	0 - 2
Bom	25-35	1,9 - 2,7	4-3	20 – 40	2 - 5
Regular	35-45	2,7 - 3,5	3-2	40 – 80	5 - 10
Ruim	45-60	3,5 - 4,6	2-1	80 – 160	10 - 25
Péssimo	> 60	> 4,6	1-0	> 160	> 25

Fonte: DNIT (2006).

Não se pode definir de modo inquestionável o processo de degradação ou de danificação estrutural de dado pavimento, ou até mesmo dos materiais que foram utilizados para a constituição do mesmo. Por isso é importante conhecer as características mecânicas e físicas do pavimento, a fim de se ter uma melhor dimensão de como o pavimento irá reagir a determinados esforços quando na fase de projeto do pavimento, ou dimensionar os melhores meios de restauração, quando na fase de recuperação de um pavimento já desgastado [4].

Porém, com base na AGETOP - Agência Goiana de Transportes e Obras Públicas – (2016) no Brasil há uma grande deficiência de profissionais de engenharia especializados na área de pavimentação que façam as avaliações e desenvolvem os projetos de restauração conforme é normatizado. Essa é uma falta grave pois em concordância com Souza (2004) é extremamente importante ter conhecimento dos defeitos do pavimento para que se dimensione com mais precisão e alcance níveis satisfatórios, as técnicas de recuperação asfáltica. Essas patologias podem ser conhecidas, através de uma avaliação estrutural do pavimento, pois a mesma garante que seja conhecido o seu comportamento perante ação das cargas de tráfego e ambientais. No Brasil, segundo pesquisas, o modo de degradação estrutural mais encontrado em pavimentos é danificação por fadiga. Ou seja, a maioria dos pavimentos encontrados no país, não são dimensionados para garantir uma vida útil aceitável e nem para suportar as cargas que são solicitadas ao decorrer do tempo.

Ainda em conformidade com BALBO (2007) se torna impossível dimensionar um pavimento quando não é conhecido o modo de ruptura que é

característico do mesmo, pois é dessa informação que extraímos as possíveis patologias que podem ocorrer. A Tabela 3 traz resumidamente alguns modos de ruptura presente em alguns materiais de pavimentação:

Tabela 3: Ocorrência de diversos modos de ruptura em alguns materiais de pavimentação.

MODO DE RUPTURA	TIPOS DE MATERIAIS E CONDIÇÕES PARA OCORRÊNCIA DE UM MODO DE DEGRADAÇÃO						
	CONCRETOS	MISTURAS ASFÁLTICAS	TRATAMENTOS	LAMAS ASFÁLTICAS	PEDRAS BRITADAS	SOLO-CIMENTO	BRITAS TRATADAS
Flexão (resistência)	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim
Cisalhamento (resistência)	Subdimensionamento	Subdimensionamento	Não	Não	Falta de travamento entre grãos	Baixo consumo de cimento; subdimensionamento	Subdimensionamento
Funcional	Em todos os tipos de materiais e pavimentos						
Fadiga	Presente	Presente	Não	Não	Não	Presente	Presente
Deformação permanente	Não	Fluência estática ou dinâmica	Não	Não	Sim, com eventual melhoria resiliente	Após avançado estágio de fadiga	Após avançado estágio de fadiga
Retração plástica	Sim, menos provável no CCR	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Retração hidráulica	Sim, inevitável nos concretos	Não	Não	Não	Não	Durante a cura, é inevitável	Durante a cura, é inevitável
Retração térmica	Temperaturas extremas	Temperaturas muito baixas	Improvável	Improvável	Não	Improvável	Temperaturas muito baixas
Propagação de fissuras	Incomum	Quando sobre bases cimentadas ou sobre revestimento fissurado	Quando sobre bases cimentadas ou sobre revestimento fissurado	Quando sobre bases cimentadas ou sobre revestimento fissurado	Não	É o agente gerador da fissura de reflexão	É o agente gerador da fissura de reflexão
Contaminação	Não	Apenas infiltração por fissuras	Não	Não	Não	Não	Apenas em fase pós-fissuração
Funcional	Em todos os tipos de materiais e pavimentos						

Fonte: Balbo (2007).

É importante ler a definição de fadiga, segundo Balbo:

O fenômeno da fadiga relaciona-se ao fato de que muitos materiais, sendo sucessivamente solicitados em níveis de tensão inferiores àqueles de ruptura (para dado modo de solicitação), pouco a pouco

desenvolvam alterações em sua estrutura interna, que resultam na perda de características estruturais originais.

Nesse processo, a ruptura não acontece de forma instantânea, mas sim de forma gradativa, sendo o estágio inicial desse processo, a fissuração. Assim como definido pela Figura 06, a fissuração pode acontecer em forma de trincas no pavimento e essas trincas, dão início a posteriores patologias. A Tabela 4, mostra resumidamente os defeitos que podem ser encontrados no pavimento:

Tabela 4: Patologias na pavimentação asfáltica.

Defeitos		Descrição	Prováveis causas
Trincas Isoladas	Longitudinais	Apresenta direção predominante paralela ao eixo da via	Junta de construção mal executada Contração/ Dilatação do revestimento Propagação de trincas de camadas subjacentes
	Transversais	Apresenta direção predominante ortogonal ao eixo da via	Contração/ Dilatação do revestimento Propagação de trincas de camadas subjacentes
Trincas Interligadas	Jacaré/crocodilo	Assemelhando-se ao couro de jacaré ou crocodilo	Ação repetida das cargas de tráfego
	Bloco	Configuração próxima a um retângulo, podendo os blocos apresentar vários tamanhos	Variações térmicas União de trincas transversais e longitudinais
Afundamento	Plástico	Apresenta, além da depressão na região das trilhas de rodas, um sollevamento lateral	Ruptura das camadas do pavimento pela ação do tráfego
	Consolidação	Caracteriza-se por uma depressão do revestimento na região das trilhas de roda	Compactação insuficiente das camadas Mistura Asfáltica com baixa estabilidade Infiltração de água nas camadas
Ondulação/Corrugação		Caracteriza-se por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento de caráter plástico e permanente	Instabilidade da mistura betuminosa ou base Excesso de umidade das camadas Materiais estranhos na mistura Retenção da água na mistura
Deterioração de remendos		Região do pavimento onde ocorreu substituição do material original	Tráfego intenso Uso de materiais de má qualidade Condições ambientais agressivas Problemas construtivos
Painéis/ Buracos		Cavidade que se forma num primeiro estágio no revestimento apresentando dimensões variadas	Trinca por fadiga Desgaste de alta severidade

Fonte: Rocha (2009).

Panelas

As panelas (Figura 05) são cavidades no revestimento asfáltico que tem profundidade variada, podendo até atingir os níveis da base do revestimento. Geralmente são causados por fadiga ou por intempéries que causam o desgaste do mesmo até este apresentar desagregação dos materiais.

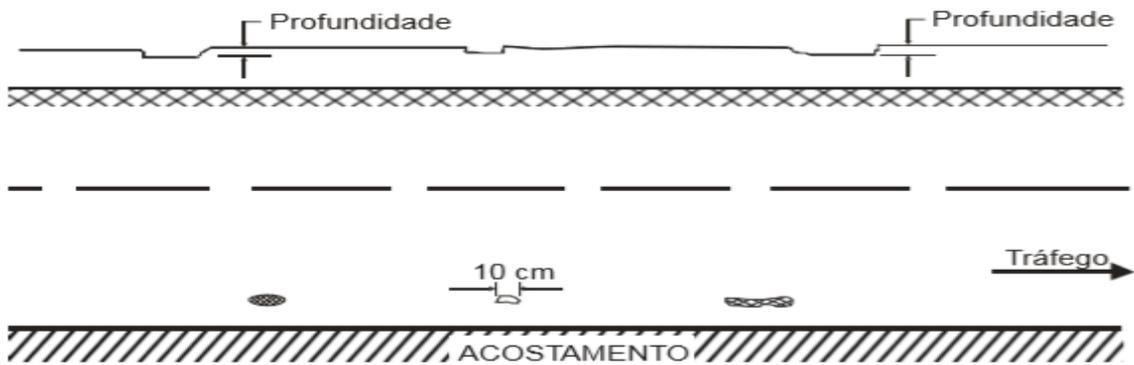


Figura 05: Ilustração de painelas. Fonte: (DNIT, 2006).

A Figura 06 apresenta uma relação entre alguns defeitos e fatores que contribuem para a formação das painelas:

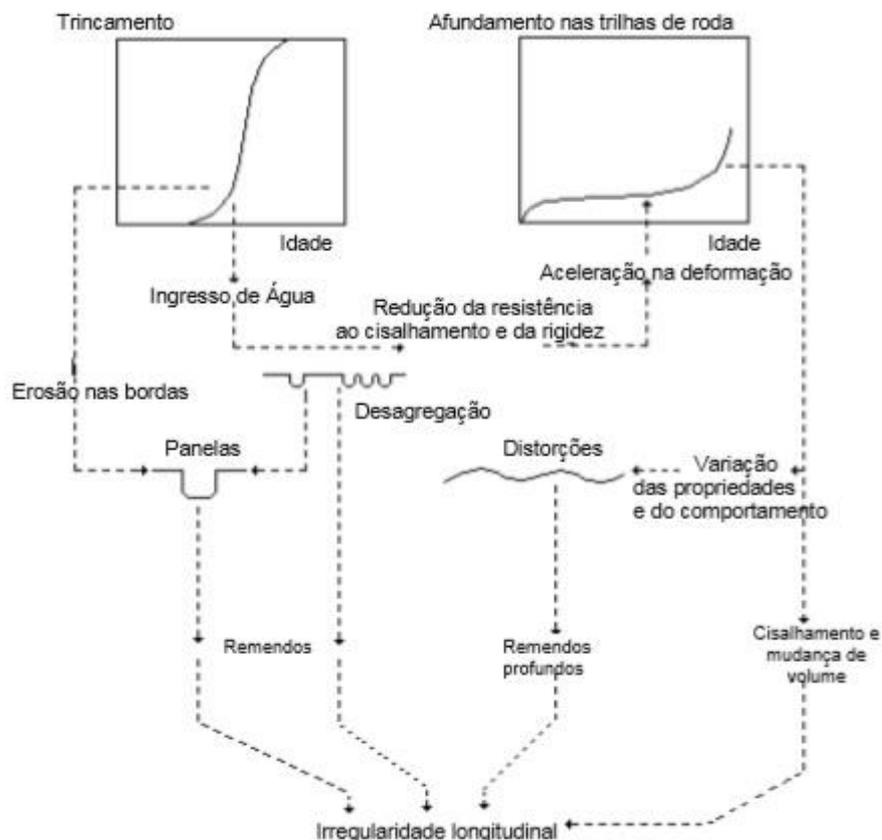


Figura 06: Interações entre os defeitos em rodovias pavimentadas. Fonte: (DNIT, 2006)

As painelas são constatadas após um certo nível de deterioração, porém elas aparecem após um acentuado grau de deterioração. A progressão da mesma pode ser observada e dimensionada numa relação estabelecida pelo DNIT, conforme mostra a Figura 07:

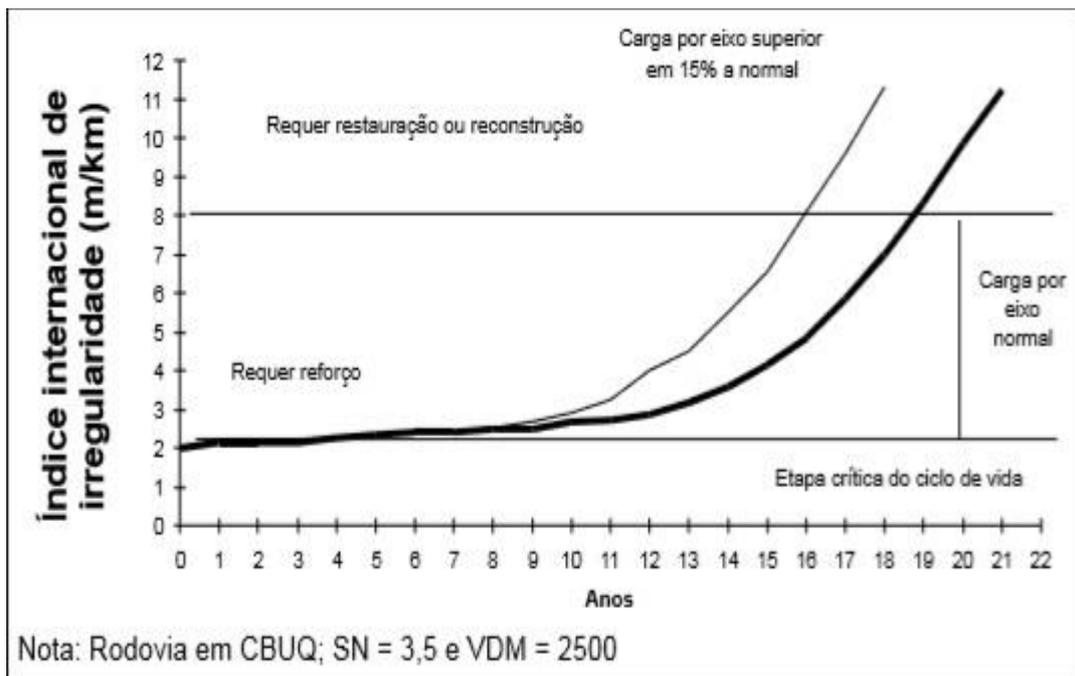


Figura 07: Evolução da deterioração em ruas pavimentadas. Fonte: DNIT (2006).

Remendos

Segundo DNIT (2006) *remendos são porções do revestimento original que foram substituídas por material semelhante ou diferente*. Estes estão ilustrados na figura 08. Mesmo sendo uma forma de corrigir defeitos existentes no pavimento, os remendos comportam-se como defeito também, por comprometer a boa trafegabilidade, uma vez que, ao passar por cima destes, o conforto não é o mesmo que ao passar sobre uma porção do revestimento sem remendo. Sendo assim, um defeito considerado grave, pois segundo Bernucci (2010, p. 403) *do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto*.

Segundo DNIT (2006), os remendos são classificados como:

a) superficial ou tapa-buraco: consiste em reparar degradações pontuais como as panelas, somente a nível do revestimento, objetivando garantir uma superfície de rolamento confortável e segura.

b) profundo: consiste em operações onde é necessário a remoção e reconstrução de parte das camadas granulares subjacentes, tais como base, sub-base, reforço do subleito (caso exista) e subleito.

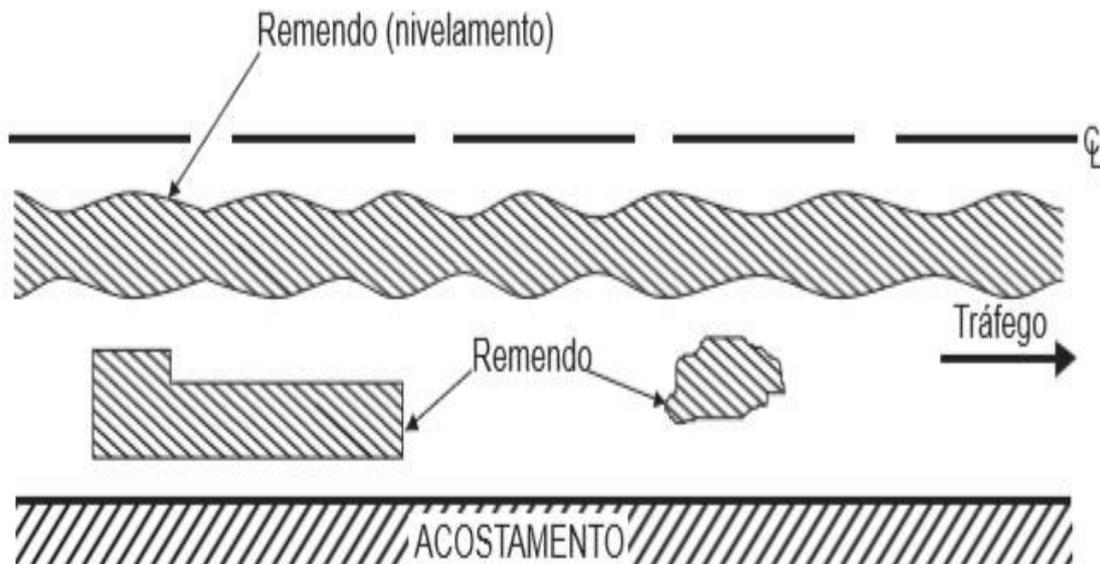


Figura 08: Ilustração de remendo. Fonte: DNIT (2006).

Embora tenha essa característica contrária, o remendo ainda é hoje em dia, tratado como a principal técnica de restauração de pavimento, pois trata-se de uma técnica que não onera muito custo e muita mão de obra, mas de uma técnica que, quando bem executada, acaba fazendo com que a trafegabilidade melhore, se comparada a situações onde não for realizada. Essa informação se comprova com o trabalho pesquisado por Souza (2004), como mostrado na Figura 09, onde foi realizado um estudo de caso na Avenida 9 de Julho em São Paulo. Por conta de um rompimento de galerias pluviais, foi necessário executar-se remendo profundo em determinado ponto do pavimento.



Figura 09: Remendo na Avenida Nove de Julho – São Paulo/SP. Fonte: (SOUZA, 2004).

Conforme DNIT (2006, p. 251-252) há algumas etapas para que um remendo possa ser realizado de forma satisfatória:

[...] deve-se exigir que a confecção de remendos se processe de acordo com a mais apurada técnica executiva, a qual deverá ser composta obrigatoriamente, pelas seguintes etapas: regularização da degradação (panelas). Impermeabilização (imprimação) das camadas granulares atingidas, espalhamento, conformação e compactação do "material de enchimento" (pré-misturados, areia-asfalto, CBUQ, etc.) e selagem superficial (vedação final) quando o material de enchimento apresentar índice de vazios elevado: maior que 6%.

Regularização da degradação

Conforme DNIT (2006) a regularização não é uma camada do pavimento, mas um serviço executado como por exemplo o recorte do leito implantado ou a sobreposição deste com camada de espessura variável. ROCHA (2008) cita que é fundamental que nessa primeira etapa do serviço, se delimite a área (figura 10) onde será feito o recorte e seja executado de forma que a face do revestimento, esteja a um ângulo de 90° com a superfície a fim de evitar que haja o escorregamento do revestimento (Figura 11).

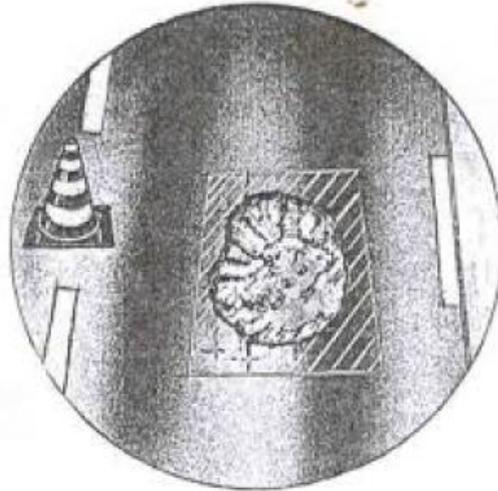


Figura 10: Área de recorte delimitada. Fonte: SÃO PAULO (2016)

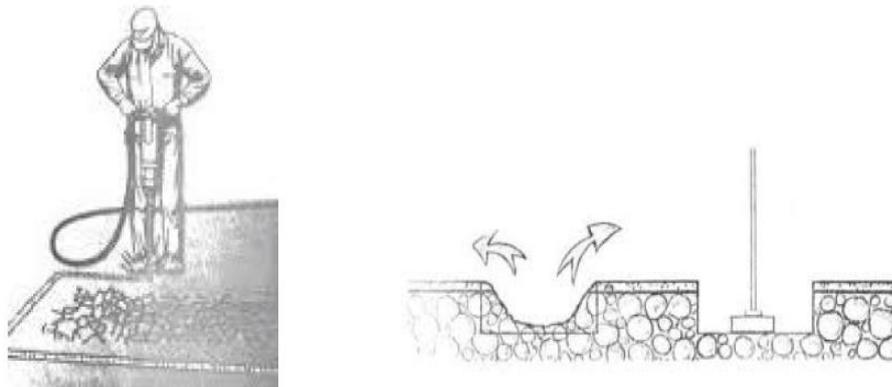


Figura 11: Execução e recorte finalizado. Fonte: SÃO PAULO (2016)

Impermeabilização (imprimação)

Segundo SUDECAP (2011) a pintura de ligação (Figura 12), como o próprio nome diz, serve para realizar a ligação entre as camadas inferiores do pavimento (base, sub-base e subleito) com as camadas superiores (revestimento) e garantir que o mínimo de água proveniente dos mais diversos modos, como chuva por exemplo, possa chegar as camadas inferiores. Ela deve ser executada previamente ao lançamento de material betuminoso que é utilizado para constituição do revestimento. Esse material ligante utilizado trata-se de emulsão asfáltica de ruptura rápida, tipo RR-1C. Conforme DNIT (2012) deve ser feito o varrimento do local onde será feita a impermeabilização (Figura 13) e umedecido (Figura 14) antes de receber o material ligante.



Figura 12: Aplicação de pintura ligante. Fonte: (BERNUCCI, 2008).



Figura 13: Limpeza do local. Fonte: autores.



Figura 14: Umedecimento de local para aplicação de ligante. Fonte: autores.

Senço (2001), define que para esse campo os materiais utilizados predominantemente são os asfaltos diluídos de petróleo e as emulsões asfálticas. São indicados:

- a) Emulsões de ruptura rápida: RR-1C e RR-2C;
- b) Emulsões de ruptura média: RM-1C e RM-2C;
- c) Emulsões de ruptura lenta: RL-1C.

Espalhamento e conformação

Essa etapa é posterior ao lançamento da massa asfáltica no local onde é executado o remendo, é feito através do uso de enxadas, pás ou rastelos, conforme mostra a Figura 15:



Figura 15: Espalhamento de massa com utilização de rastelos. Fonte: autores.

Compactação

A etapa de compactação é extremamente necessária para que o serviço de remendo seja executado pois segundo Bernucci (2008) aumenta a estabilidade da mistura asfáltica, reduz seu índice de vazios, proporciona uma superfície suave e desempenada e aumenta a vida útil do mesmo. Pode ser executada, como mostra a Figura 16, através do uso de dois tipos de compactadores: rolo liso e rolo de pneus.



Figura 16: Rolo de pneus e rolo tandem liso. Fonte: (Bernucci, 2008)

Todo esse procedimento descrito acima de como deve ser feito os remendos é indicado para as seguintes situações:

- a) Reparo de panelas ou buracos;
- b) Reposição de segmentos com trincamentos causados por fadiga;
- c) Reperfilamento para regularização prévia da superfície que pode vir a receber serviços de recapeamento.

Baseado em Bernucci (2008), os pavimentos que levam em seu revestimento, o asfalto como elemento principal, são classificados como pavimentos flexíveis e são apoiados sob camadas inferiores denominadas base, sub-base, reforço do subleito e subleito (Figura 17).

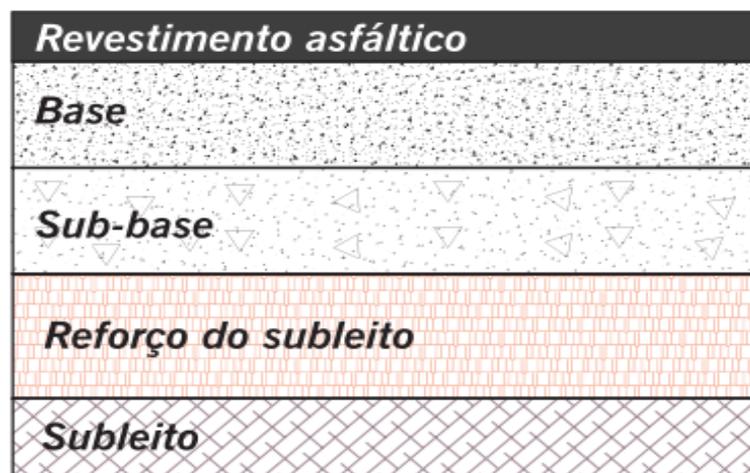


Figura 17: Estrutura de pavimento flexível. Fonte: (Bernucci, 2008).

Segundo Senço (2001), o revestimento é a camada mais nobre do pavimento, pois ela é a destinada a resistir ao desgaste imposto pela ação do tráfego. A escolha deste trata-se de uma questão econômica e técnica, mas nem sempre é possível a ênfase nos aspectos técnicos. O autor continua: *O que temos mais ou menos estabelecido é que, nos serviços de mais alto padrão, o revestimento deve ser de concreto betuminoso. Nos serviços de mais alto padrão, poderíamos decidir entre o pré-misturado a frio e o tratamento superficial, de preferência triplo. Nos serviços de mais baixo padrão, entre o tratamento superficial duplo e simples. O concreto betuminoso citado é mais utilizado na forma de CBUQ (Concreto betuminoso usinado a quente) ou CA (concreto asfáltico). Senço (2001) o define como revestimento flexível da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e material betuminoso, espalhado e comprimido a quente.*

Metodologia

Trata-se de um acompanhamento prático das técnicas de serviço de recuperação asfáltica na cidade de Araçatuba, a fim de ser criada uma análise crítica a estes serviços e compara-los aos parâmetros técnicos estabelecidos em norma criada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes – DNIT. Os instrumentos utilizados para ser feita essa comparação foram: um relatório fotográfico, feito através do acompanhamento dos serviços executados diariamente na cidade de Araçatuba; documentos técnicos criados pelo DNIT que servem como norma técnica para execução dos serviços e memoriais descritivos das operações tapa-buraco nas cidades referência encontradas.

O relatório fotográfico foi elaborado através do acompanhamento das operações tapa-buraco realizadas pela Secretaria de Obras e Serviços Públicos de Araçatuba, e serviços de recapeamento e reperfilamento de vias por empresa terceirizada. Esse acompanhamento foi feito juntamente com profissionais das duas instituições citadas e conforme as atividades foram ocorrendo, foram registradas imagens que serviram como itens para a análise dos serviços prestados.

Com o relatório elaborado, foram comparadas as imagens com as diretrizes técnicas estabelecidas nos documentos técnicos, a fim de encontrar conformidades e desconformidades entre eles, levando assim a apontamentos críticos sobre os serviços executados e também os materiais e equipamentos que são utilizados. Levantados os memoriais descritivos de cada cidade, verificou-se quais são os materiais mais utilizados, estabelecendo-se um padrão para a execução das operações de restauração asfáltica.

Resultados e discussões

Com o relatório fotográfico elaborado, foram comparadas as imagens com as diretrizes técnicas estabelecidas nos documentos técnicos, a fim de encontrar conformidades e desconformidades entre eles, levando assim a apontamentos críticos sobre os serviços executados e também os materiais e equipamentos que são utilizados. Levantados os memoriais descritivos de cada cidade, verificou-se quais são os materiais mais utilizados, estabelecendo-se um padrão para a execução das operações de restauração asfáltica.

Conforme especificado nos objetivos desse trabalho acadêmico, as técnicas de reparação asfáltica utilizadas na cidade de Araçatuba foram comparadas com técnicas utilizadas em outras cidades do Brasil. Sendo as cidades escolhidas:

- Belo Horizonte/MG
- Curitiba/PR
- Primavera do Leste/MT
- São Paulo/SP

Após feitas análises, foram elaboradas as tabelas 5, 6 e 7, onde são comparados os dados com as referências estabelecidas anteriormente, a fim de verificar se os materiais que são entregues pelo órgão competente, estão de acordo com as técnicas que são mais utilizadas em âmbito nacional levando em conta as similaridades e diferenças entre os materiais utilizados, equipamentos de proteção individuais e coletivos e os equipamentos gerais usados, tais como ferramentas específicas. Os primeiros resultados analisados estão demonstrados a seguir:

Tabela 5: Tabela Comparativa - Equipamentos.

COMPARATIVO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS EM OPERAÇÕES "TAPA-BURACO"					
	BELO HORIZONTE	SÃO PAULO	ARAÇATUBA	CURITIBA	PRIMAVERA DO LESTE
EQUIPAMENTOS	Caminhão basculante com capacidade de transportar 7 a 13 toneladas de CBUQ	Caminhão com caçamba térmica de 9 toneladas	Caminhão F-14000 acoplado com carretinha e compartimento para levar 5 pessoas	Caminhão basculante	01 (um) Caminhão basculante para transporte do P.M.F
	Tambor de 200 litros (mínimo) para emulsão asfáltica (RR-1C)	Rolo compactador vibratório de 1 a 1,9 toneladas com carreta	Caminhão basculante com capacidade de 7 toneladas	Trator agrícola com carreta depósito	01 (um) Caminhão distribuidor de produto asfáltico autopropelido e equipado com espargidor manual
	Tambor de 100 litros (mínimo) de água	Compartimento para depósito de resíduos de no mínimo 1 m³	Rolo compressor Dynapac 2 toneladas	Compactador vibratório manual ou portátil	
	Recipientes adequados para conter até 20 (vinte) litros de combustível para o compactador e compressor (se necessário)	Tanque de Emulsão com mínimo de 250 litros de capacidade	Serra corte concreto/asfalto	Serra corte concreto/asfalto	01 (um) Rolo Compactador vibratório tipo liso
	5 (cinco) litros de óleo diesel para limpeza	Compressor de ar, com maçarico de ar para secagem de superfície	Enxadas	Picaretas	01 (uma) Máquina sopradora à gasolina
	Chibancas	Martelete de 20 a 30 kg	Picaretas	Enxadas	01 (uma) Pá carregadeira
	Picaretas	Placa Vibratória modelo Dynapac LF 81 ou similar	Pá redonda	Pás	Rastelo
	Vassouras	Serra com disco diamantado	Pás retangulares	Carrinho de mão	Enxada
	Pás	Holofote de 300W	Vassouras	Vassoura	Pás
	Enxadas	Termômetro de haste	Carrinho de mão	Rastelo	Carrinho de Mão
	Carrinhos de mão	Picareta	Soprador de ar	Compressor de ar	
	Rastelos	Enxada	Rastelos	Marteletes pneumáticos	
	Baldes	Vassoura	Espargidor	Mini carregadeira de pneus	
	Regadores	Carrinho de mão		Motoniveladora	
	Termômetros de haste	Rastelo		Rolo de pneus autopropelido	
	Compactador vibratório manual ou portátil tipo CC 800 ou equivalente	Caneta manual(espargidor tipo agulha) para aplicação da emulsão e limpeza com ar comprimido		Distribuidor de material asfáltico (caminhão espargidor de asfalto) equipado com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento, capaz de promover a aplicação uniforme do ligante	
	Serra corte concreto/asfalto	Pás			
	Compressor de ar				
	Marteletes pneumáticos				
	Fresadora a frio(opcional)				
Rolo de pneus auto propelido					
Rolo compactador; peso máximo 2t, frequência de vibração aprox. 2000 VPM e força centrífuga >2000kg					
Placas de sinalização, mínimo de 2 (duas)					

Tabela 6: Tabela Comparativa – Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva.

COMPARATIVO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS EM OPERAÇÕES "TAPA-BURACO"					
	BELO HORIZONTE	SÃO PAULO	ARAÇATUBA	CURITIBA	PRIMAVERA DO LESTE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA	Cones plásticos coloridos, mínimo de 8 (oito) com altura de 75 cm	Conjunto de sinalização, composto de cones, cavaletes, placas de advertência e etc.	10 cones de plástico, altura de 75 cm	SEM INFORMAÇÕES	SEM INFORMAÇÕES
	Uniforme completo		Fita zebra		
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	Botina	Óculos de segurança	Uniforme completo	SEM INFORMAÇÕES	SEM INFORMAÇÕES
	Óculos	Colete de Sinalização	Botina		
	Luvas de Raspa	Botina com Biqueira de aço	Luvas		
	Protetor Auricular	Luva de raspa			
	Capa de chuva para eventual uso em dia de chuva	Pemeira de Proteção			
		Protetor auditivo e protetor solar			

Tabela 7: Tabela Comparativa – Materiais Utilizados.

COMPARATIVO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS EM OPERAÇÕES "TAPA-BURACO"					
	BELO HORIZONTE	SÃO PAULO	ARAÇATUBA	CURITIBA	PRIMAVERA DO LESTE
MATERIAIS UTILIZADOS	Emulsão asfáltica de ruptura rápida, tipo RR-1C, pura até a chegada no local	Emulsões asfálticas, tipos RR-1C e RR-2C; ou emulsões asfálticas modificadas, quando indicadas no projeto.	Emulsão asfáltica de ruptura rápida, tipo RR-1C	Emulsão asfáltica de ruptura rápida (RR-1C, RR-2C ou RR-2C modificada por polímero)	Mistura asfáltica do tipo PRÉ MISTURADO A FRIO (PMF)
	Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou Pré-Misturado a Frio (PMF), de graduação densa	Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	

Analisando as tabelas formuladas, verificou-se que há similaridades entre os materiais que são utilizados em todas as cidades pesquisadas, o que comprova um conceito de que o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) é o material mais utilizado na pavimentação brasileira, tais como também são as emulsões asfálticas

do tipo RR-1C. Quando se relacionado aos equipamentos de proteção ao trabalhador, verificou-se que não há a devida preocupação, ao menos teórica, nas cidades de Curitiba e Primavera do Leste, pois estas não apresentaram em seus memoriais quais e quantos são os equipamentos dessa natureza, tal como é bem detalhado pelo manual de Belo Horizonte e mediantemente informado nos memoriais araçatubense e paulistano.

Verificou-se também que na cidade de Belo Horizonte há uma melhor preparação para serem executadas as operações em relação as intempéries que podem interromper as operações, pois esta apresenta materiais como holofotes, que demonstra que em uma situação por exemplo, que seja necessária uma operação de emergência em período noturno as equipes estão preparadas para executar o serviço. Também em relação ao conceito de qualidade, Belo Horizonte se destaca por ser a única a apresentar em sua lista de materiais um termômetro de haste, o que garante que a massa asfáltica seja aplicada a temperatura adequada e indicada pelo DNIT.

Sendo conhecidos esses aspectos teóricos foi levantado o seguinte relatório fotográfico, mostrado a seguir:



Figura 18: Revestimento degradado até o subleito. Fonte: autores.

Quando encontradas panelas no estado demonstrado na Figura 18, é necessário que se retire todo o revestimento ao redor, pois claramente vê-se que o mesmo não apresenta condições de receber um tratamento para recuperá-lo. A solução técnica

mais viável, seria que fosse feito um recapeamento de toda a via, pois conforme mostra a Figura 19, todo o revestimento se mostra degradado, afetando a segurança e conforto necessários as vias públicas. Pode-se verificar também através da Figura 18, que o pavimento encontrado não apresenta espessura satisfatória, uma vez que o mesmo não apresentou ao menos 4cm para que o nível de degradação chegasse ao subleito.



Figura 19: Revestimento asfáltico bem degradado. Fonte: autores.

Embora fosse necessário o recapeamento, a solução usada, ainda assim foi a de remendos, ou tapa-buracos. Isso aconteceu, pois, a avenida José Teles de Menezes, não estava no cronograma da secretaria de obras para que fosse feito o recapeamento. Na cidade de Araçatuba, esse processo de recuperação foi visto como sendo oneroso aos cofres públicos e a secretaria de obras em si, se demonstra ineficiente para executar tais serviços, o que explica o motivo de ser necessário a contratação de empresas privadas para que o serviço seja terceirizado. Como ocorreu em obras de recapeamento feitas no mês de fevereiro, onde foi contratada para o serviço a empresa Noromix Concreto. Tratou-se de um trabalho muito mais complexo pois conforme mostrado nas Figuras 20 e 21, é necessário que se faça uma limpeza total da via em que foi feita o serviço.



Figura 20: Limpeza da via pública para receber recapeamento. Fonte: autores.



Figura 21: Limpeza da via feita manualmente. Fonte: autores.

Após essa limpeza, começou o processo de imprimção com espargidor manual, demonstrado na Figura 22:



Figura 22: Imprimação da via com espargidor manual. Fonte: autores.

O seguinte foi a colocação da massa asfáltica através do uso de um caminhão basculante, conforme mostrado na Figura 23 e conforme a massa foi sendo despejada, os trabalhadores executam o espalhamento da massa manualmente, utilizando-se de enxadas para isso, Figura 24:



Figura 23: Caminhão basculante lançando massa asfáltica. Fonte: autores.



Figura 24: Trabalhadores espalhando massa asfáltica. Fonte: autores.

Espalhada a massa sobre o revestimento, foi passado o rolo compactador liso, para a compactação da massa (Figura 25) e após isso passou-se o rolo compactador com pneus, para concluir o serviço (Figura 26).



Figura 25: Compactação feita com rolo liso. Fonte: autores.



Figura 26: Rolo compactador com pneus. Fonte: autores.

A Figura 27 mostra o serviço concluído em uma faixa da via, na outra faixa se repetiu os procedimentos relatados nas Figuras 20 a 26.



Figura 27: Serviço parcialmente concluído. Fonte: autores.

Nas operações de tapa-buraco acompanhadas, verificou-se que não há um processo de limpeza tão elaborado quanto foi utilizado pela empresa terceirizada para fazer o recapeamento, porém os materiais utilizados são os mesmos. Há diferenças na execução, tais como, não haver a necessidade de obstrução da via totalmente, para que o serviço seja executado. Utiliza-se ferramentas de sinalização como cones, mostrados na Figura 28:



Figura 28: Sinalização da via utilizando cones. Fonte: autores.

Nas operações tapa-buraco também foi mostrada que não há a mesma preocupação quando se leva em conta a limpeza do local onde é executada o serviço, evidenciado pelas impurezas encontradas (pedras ao longo da via) conforme mostrada na Figura 29.



Figura 29: Local da operação tapa-buraco com impurezas. Fonte: autores.

A recomendação técnica, para todo e qualquer remendo, é que seja feito um recorte do local em um polígono qualquer, antes de ser lançada a massa, porém, conforme mostrada na Figura 30, não fora realizado.



Figura 30: Local preparado para lançamento da massa asfáltica, sem recorte.

Fonte: autores.

Para finalização, foi utilizado um mini rolo compactador, mostrado na figura 31 e o resultado finalizado.



Figura 31: Utilização de mini rolo compactador e serviço finalizado. Fonte: autores.

Não há no Brasil uma norma específica relacionada a pavimentação, conforme existem a NBR 6118 para projeto de estruturas em concreto, ou a NBR 15575 para desempenho em edificações habitacionais, que definem parâmetros e métodos que devem ser seguidos a fim de garantir um serviço de qualidade e um bom resultado em termos de satisfação. Por isso, não se faz necessário que as

idades brasileiras tenham que seguir um “roteiro” para que as operações tapa-buraco sejam feitas.

Porém, Belo Horizonte por exemplo, teve uma boa iniciativa, através da SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital em 1999, de desenvolver um manual de fácil leitura e compreensão, a fim de que a população entenda como deve ser feito tais serviços que são essenciais ao desenvolvimento urbano de uma cidade. Ficando assim, conseqüentemente, mais fácil a fiscalização dos trabalhos desenvolvidos pelos profissionais e também aqueles que não são da área. Essa atividade se tornou tão bem-sucedida, que em 2016, a prefeitura de São Paulo também fez o mesmo.

As equipes que fazem o trabalho de recuperação asfáltica na cidade de Araçatuba, não têm o mesmo suporte e preparo que Belo Horizonte e São Pulo, tratadas como referências (apenas teóricas, por não ter como acompanhar na prática os serviços executados), mas com os poucos recursos materiais e humanos disponíveis, executam um serviço de forma satisfatória por resolver temporariamente, ou definitivamente em algumas das operações, os transtornos causados pelas panelas encontradas na malha viária araçatubense.

Conclusões

As operações tapa-buraco nada mais são que, como no próprio manual de pavimentação asfáltica, criado pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes, remendos que são feitos nas vias. Como na maioria das situações, o revestimento asfáltico que foi encontrado se encontrava em situação muito degradada, os remendos não são suficientes para garantir que a via onde foi executado o serviço, garanta por tempo satisfatório a trafegabilidade com conforto e segurança aos munícipes de Araçatuba.

A cidade deve investir mais em serviços de reperfilamento, onde não é necessário um estudo das camadas inferiores do pavimento, como base, sub-base e subleito, e pode ser feito onde acima do revestimento já existente. Ou em serviços de recapeamento, sendo esse um processo mais complexo, pois exige que seja retirado o revestimento já pré-existente. Mas não se deve descartar os serviços de tapa-buraco, pois há extrema necessidade dos mesmos, pois são mais rápidos, econômicos e de fácil execução. Tal facilidade na execução é prejudicial, pois o

serviço é realizado sem a prévia análise que a AGETOP indica ser necessária antes de realizar serviços de restauração e recuperação. Ou seja, em alguns locais da cidade, os remendos não são satisfatórios, pois o estado do pavimento em torno dos mesmos não é condizente com o que era realmente indicado.

Também é indicado que por conta das falhas executivas encontradas nos acompanhamentos dos serviços realizados, seja intensificada as fiscalizações desses serviços, a fim de garantir que as técnicas indicadas, desde o recorte da área limitada até a compactação da massa asfáltica, sejam realmente empregadas para aumentar o nível de satisfação da população.

Referências Bibliográficas

AGETOP. **Manual de Pavimentação urbana**. IT-02, Goiânia. 2016

AMBRÓSIO, Ivan. **Excesso de buracos em avenida de Araçatuba preocupa motoristas**. Disponível em: <<http://www.folhadaregiao.com.br/ara%C3%A7atuba/excesso-de-buracos-em-avenida-de-ara%C3%A7atuba-preocupa-motoristas-1.384904>> Acesso em: 23 de fevereiro de 2018.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al, **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1 ed. - Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008.

DER/PR – Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Paraná, **Pavimentação: Tapa buraco**. Curitiba – PR, 2005.

DNIT, **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos - Terminologia**, Rio de Janeiro – RJ, 2003.

DNIT, **Manual de Pavimentação**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 719, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DNIT, **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 720, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DNIT, **Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico -Especificação de serviço**, Rio de Janeiro – RJ, 2012.

DNIT, **Pavimentos flexíveis - Concreto Asfáltico -Especificação de serviço**, Rio de Janeiro – RJ, 2006.

PRIMAVERA DO LESTE, Prefeitura municipal de. **Memorial descritivo – Execução de Tapa buraco**. Primavera do Leste – MT, 2013.

ROCHA, Robson Soares da. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações: estudo de caso da avenida Pinto Aguiar**. Salvador. 2008.

SÃO PAULO, Prefeitura de. **Manual de Procedimentos – Conservação de Vias Urbanas. (Tapa buracos)**. São Paulo - SP. 2016.

SENÇO, Wlasterniler de. **Manual de técnicas de Pavimentação**. Vol 2, 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SOUSA, Maurício José de. **Patologias em pavimentos flexíveis**. São Paulo, 2004.

SUDECAP, **Manual Prático de Operações Tapa-buraco**. 2 ed. Belo Horizonte, 2011

Dimensionamento de um sistema de captação de água da chuva para uso doméstico

Design of a Rainwater Harvesting System for Domestic Use

Guilherme Luiz Vito¹
Jhonata Santos Prezotti¹
Laísa de Souza Castro da Silva¹
Vinícius Eduardo Garcia Reina¹
Natália Felix Negreiros²
Giuliano M. T. Pincerato²
Ágatha Stela de Moraes²

Resumo

Para dimensionar esse sistema são necessários dados específicos de cada edificação e sua localidade. Este estudo previu o dimensionamento para uma residência unifamiliar, com um índice pluviométrico anual de aproximadamente 1600 mm., dessa forma definiu-se um método que suprisse totalmente a demanda anual. A residência estudada foi composta por sete moradores e com um elevado consumo de água de 11 m³ aproximadamente para fins não nobres. O investimento total do sistema levantado foi de R\$ 22.463,91 e com uma previsão de retorno após oito anos aproximadamente, sendo considerada uma alternativa viável que acima de tudo visa à prevenção do meio ambiente e garante que futuras gerações usufruam deste recurso tão importante para a vida.

Palavras-chave: Chuva; Consumo de água; Reuso de água pluvial; Sustentabilidade.

Abstract

In order to size this system, it is necessary to have data specific to each building and its location. This study predicted the design for a single-family dwelling, with an annual rainfall of approximately 1600 mm., which is a method of annual resolution of an annual demand. The residence studied was composed of seven residents and a high water consumption of approximately 11 m³ for non-noble purposes. The total investment of the system raised was of R \$ 22.463,91 and with an award of years of recent years guaranteed a viable alternative that above all since the protection of the environment and the guarantee that the future use of this resource is so important a life.

Keywords: Rain; Water consumption; Rainwater reuse; Sustainability.

Introdução

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

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

A água é um recurso hídrico indispensável para a manutenção e sobrevivência, estando presente em diversas atividades, tais como: vegetação, agricultura, além de agir diretamente na composição climática (SILVEIRA, 2008).

Cerca de 70% da superfície do Planeta Terra é composto por água, totalizando mais de 1300 milhões de km³, porém, apenas 3% é água doce apropriada para o consumo humano. Desta água doce disponível 89% encontram-se congelada e em depósitos subterrâneos. Sobrando apenas 11% para rios, lagos e umidade do ar (PENA, 2018).

A renovação da água é composta por um ciclo, no qual demonstra o movimento percorrido pela água na natureza, são movimentos infinitos e circulares. A água dos rios, lagos e oceanos evaporam junto com a transpiração dos seres vivos, o vapor de água (evaporação) forma-se as nuvens. Após as nuvens ficarem carregadas e atingirem elevadas altitudes ocorrerá as precipitações; este processo também conhecido por condensação acontece devido à queda na temperatura, transformando o vapor de água em líquido; a água irá cair sobre a superfície, iniciando assim um novo ciclo (GRANATO, 2017).

Porém, a transformação da água em água potável não é tão simples, requer de tratamentos lentos, limitados e de alto custo. Nem sempre a finalidade do uso da água requer que seja água potável, como exemplo: rega de plantas, lavagem de veículos, lavagem de quintal e calçada entre outras. Portando sugere-se uma captação da água da chuva, com fins a diminuir os desperdícios e ajudar diretamente contra a escassez de água potável (SILVEIRA, 2008).

Em pleno século XXI uma das maiores preocupações é a escassez de água potável, com o aumento populacional aliado ao crescimento de indústrias, que contribui com uso inadequado desse recurso, principalmente na região Sudeste do Brasil. A poluição de bacias hidrográficas e as alterações climáticas também tornam essa situação ainda mais preocupante, com isso, fala-se muito sobre o reuso das águas, de maneira adequada pode ser feito o uso racional desse bem tão precioso (AMBIENTE, 2009).

O presente estudo propôs dimensionar um sistema de captação de águas pluviais para o uso não potável residencial, em banheiros, lavanderias, jardins, limpeza de pisos entre outros usos, e desta maneira diminuir consideravelmente o

uso de água tratada nessas atividades, utilizando apenas para fins mais nobres como a alimentação e higiene (TUNDISI, 2008).

O Brasil ao correr dos anos vem sofrendo com a crise hídrica: entre 2013 e 2016 foi afetado por secas ou estiagens, somente em 2016 foram afetados 18 milhões de habitantes por estes fenômenos climáticos que causaram escassez hídrica. Contabilizando os eventos de cheia entre 2013 e 2016, um total de 7,7 milhões de brasileiros sofreu com impactos de diferentes tipos: alagamentos, enxurradas e inundações. Em 2016, cerca de 1,3 milhão de habitantes apresentaram problemas com o excesso de água (ANA, 2017).

Portanto o sistema de captação de água de chuva aumenta o aproveitamento em épocas de grandes intensidades de chuvas armazenando água para consumo próprio, reduzindo o gasto de água tratada distribuída pela concessionária, necessitando de uma menor distribuição na rede. Com isso ocorre uma redução na quantidade do escoamento superficial, diminuindo alagamentos, enxurradas e inundações (ANA, 2017).

Em períodos de pouca chuva, os níveis dos reservatórios têm uma queda considerável, correndo o risco de não suprir toda a demanda, podendo faltar água em alguns trechos da rede de distribuição. As residências com o sistema de captação de água da chuva são afetadas de maneira reduzida, pois possuem uma cisterna e não utilizam grande quantidade de água da concessionária (ANA, 2017).

Materiais e métodos

Materiais

Este projeto teve como objeto de estudo umas residências unifamiliar de alto padrão, térrea, contendo quatro dormitórios, sendo um deles destinado a empregada, considerando que cada quarto seja ocupado por duas pessoas, teriam um total de sete pessoas utilizando a edificação, possuindo quatro banheiros e um lavabo, totalizando uma área construída de 310,20 m².

De acordo com o projeto arquitetônico, a planta de cobertura da edificação possui área total de 322,57 m², construído parte com cobertura metálica e telha de fibrocimento com inclinação de 15% com configuração retangular e escoamento em um único sentido “uma única água”; a outra parte da cobertura é feita de madeira com telhas cerâmicas com inclinação de 36% com configuração retangular

e escoamento superficial em duplo sentido “duas águas”, para efeito de cálculos utilizou-se a área de 239,59 m² considerando a inclinação da cobertura de madeira com telha cerâmica com o escoamento duplo para captação da água pluvial.

Métodos

Metodologia básica para o dimensionamento de sistema de captação de água pluvial:

Determinação da precipitação média local (Figuras 1 e 2):

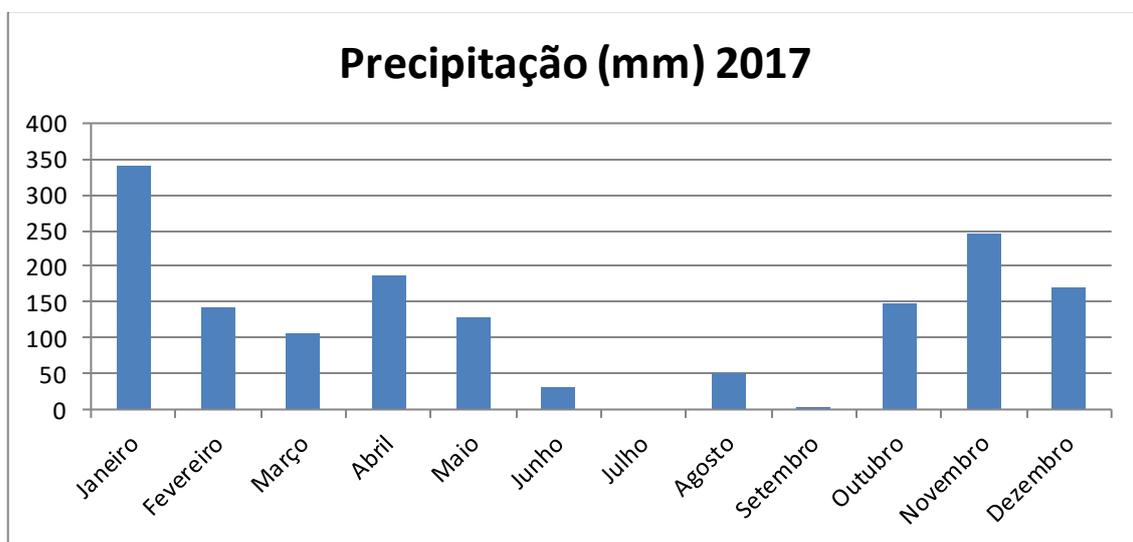


Figura 1 - Média mensal de precipitação para a cidade de Araçatuba/SP. Fonte: adaptado de (CIIAGRO, 2018).

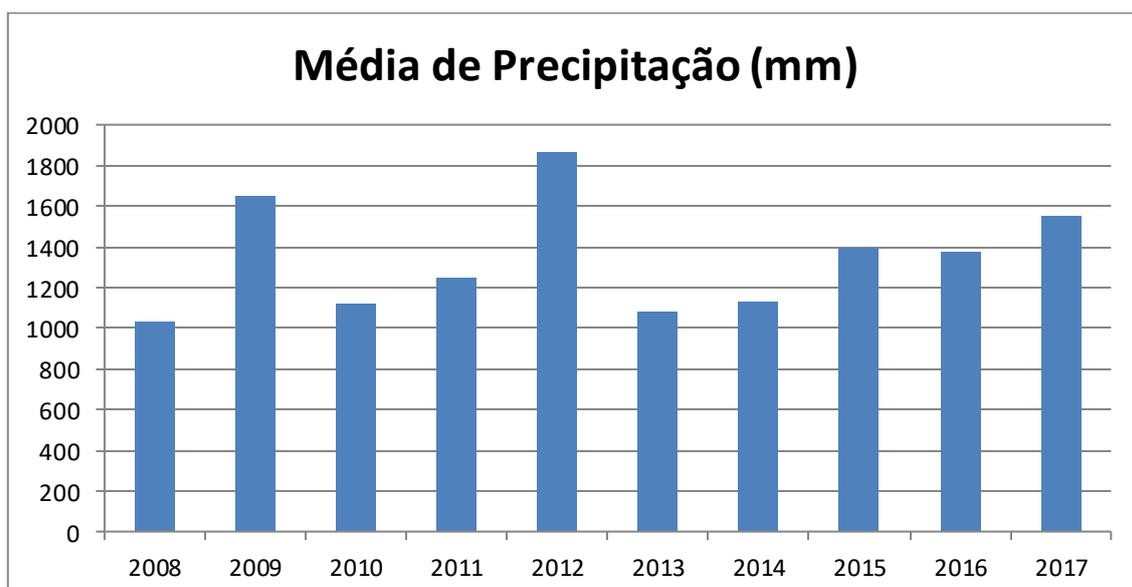


Figura 2 - Média de precipitação anual para cidade de Araçatuba/SP. Fonte: adaptado de (CIAGRO,2018).

Determinação da área de coleta:

Captação de água de chuva através do telhado de uma residência unifamiliar (Figuras 3 e 4).

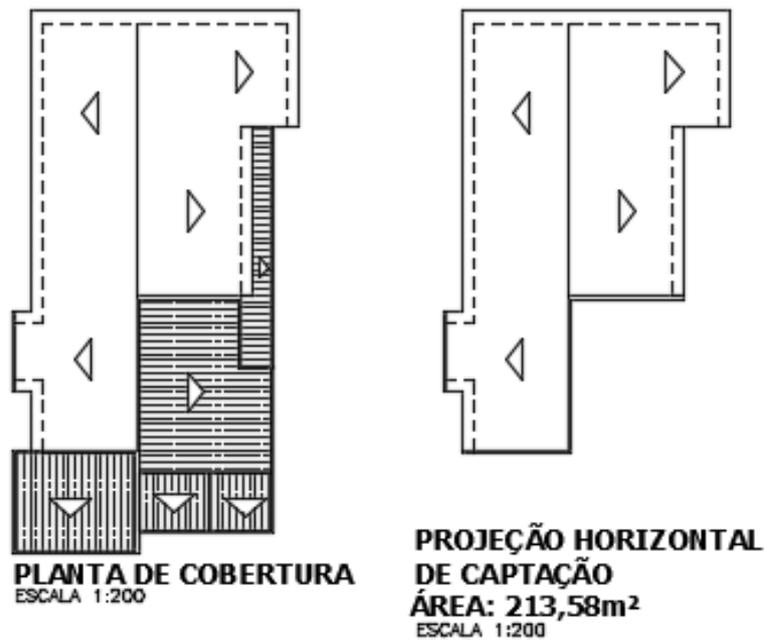


Figura 3: Projeção horizontal de captação. Fonte: autores.

Figura 4: Área inclinada de captação

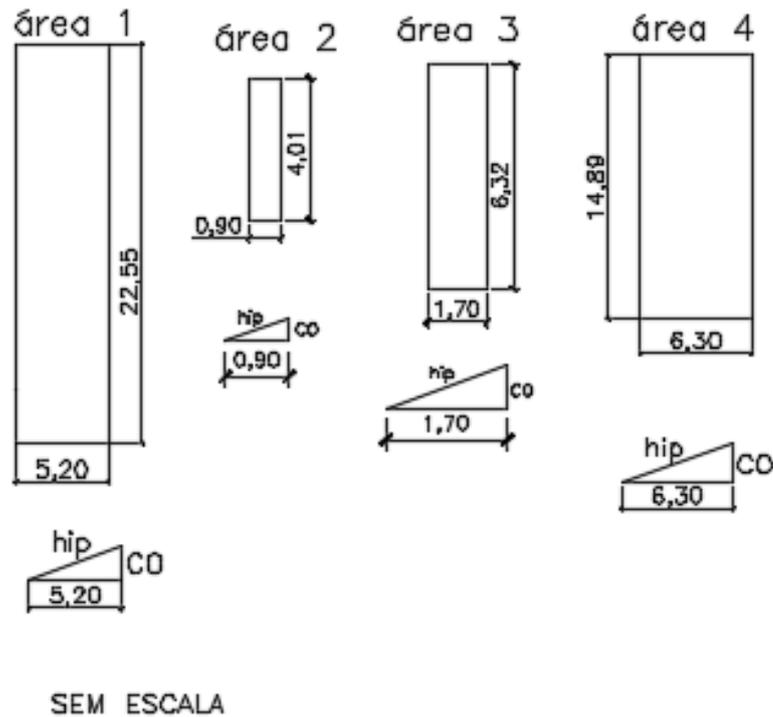


Figura 4: Área inclinada de captação. Fonte: autores.

Inclinação adotada: $i = 36\%$

Previsão de consumo de água não potável :

Foram adotados para fins de cálculos, os parâmetros dos Estados Unidos, conforme as Tabelas 1 e 2 a seguir, visto que no Brasil estes dados são estimados.

Tabela 1: Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água (uso interno).

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	Pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,3	0,15
Uso banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1

Volume de água	Litro/ciclo	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litros/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,123	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: adaptada de TOMAZ, 2010, p.67 e 68.

Tabela 2: Parâmetros de Engenharia estimativa da demanda residencial de água potável (uso externo)

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	Pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1

(Continuação)

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,3	0,15
Uso banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litros/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,123	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: adaptada de TOMAZ, 2010, p.68.

No Brasil a bacia sanitária mais econômica existente utiliza um volume de *6,8 l/descarga*, mais considerando que possa haver possíveis vazamentos, utilizará a taxa de *9,0 l/descarga*;

Rega de Jardins comuns utiliza taxa de *2 l/m² x dia*;

Frequência de rega de jardim, geralmente é *2 vezes/semana*; *1 vez/semana* ou a cada *15 dias*;

Limpeza de pátios comuns usa-se geralmente *2 l/m² x dia*;

Frequência de limpeza de pátios é de *2 vezes/semana*; *1 vez/semana* ou a cada *15 dias* (TOMAZ, 2010, P. 70).

Determinação do coeficiente de escoamento superficial:

A determinação do coeficiente de escoamento superficial é feita através do material e do acabamento da área a ser coletada (Tabela 3):

Tabela 3: Coeficientes médios Runoff.

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: adaptada de TOMAZ, 2010, p.103.

Conexão cruzada:

O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com NBR 5626 (1998), (NBR 15527, 2007).

Demanda escoamento inicial:

De acordo com Tomaz (2010 apud PACEY, 1996), recomenda descartar nos primeiros *10 min* a *20 min* toda a água da chuva captada, como a área de captação é exposta pode conter fezes de animais, como também folhas de arvores,

revestimentos provenientes do telhado e poeira. O escoamento inicial é designado para a limpeza dessas impurezas.

Dimensionamento de calhas de condutores:

Foi utilizado o Cálculo da vazão de projeto Q NBR 10844 (1989 apud TOMAZ, 2010 p.83), para adquerir a vazão de projeto sob a calha, para dimensionamento da calha a ser implantada.

A Fórmula de Manning NBR 10844 (1989 apud TOMAZ, 2010 p.83) foi utilizada para adquerir a quantidade de vazão suportada pela calha.

Sistema de bombeamento

O sistema de bombeamento é realizado para que a água coletada pelas calhas e armazenada na cisterna chegue ao reservatório, que será localizado no topo da residência, para o dimensionamento utilizou-se da norma de instalação de água fria NBR 5626 (1998 apud GUINDANI, 2016).

✓ **Tubulação de recalque;**

✓ **Perda de carga unitária:**

É a perda de energia que ocorre com o atrito da água e a tubulação, pode ser causada devido ao tipo de material da tubulação, quantidades de registros e conexões, além do tamanho do diâmetro do tubo, conforme a equação abaixo (SUZUKI, 2008);

✓ **Velocidade de escoamento;**

✓ **Altura Manométrica:**

É a energia que o sistema solicita para o transporte da água até o reservatório;

✓ **Perda de carga total:**

É a somatória das perdas de carga unitária com a perda da tubulação;

✓ **Altura manométrica de recalque;**

✓ **Tubulação da sucção:**

De acordo com a norma NBR 5626 (1998) para a tubulação de recalque utiliza-se um diâmetro comercial e superior ao encontrado. Após adotar o novo

diâmetro calcula-se novamente a perda de carga unitária, além da altura manométrica e a velocidade de escoamento.

Está disponibilizada uma Tabela 4 em que apresenta a conversão das conexões do diâmetro comercializado para tubos de PVC, cobre aço-galvanizado, entre outros, (NBR 5626, 1998, p.30, Anexo A.3);

Tabela 4: Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre).

Diâmetro Nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: adaptada de NBR 5626, 1998, p.30, Anexo A.3.

- ✓ **Altura manométrica do sistema;**
- ✓ **Potência da motobomba;**
- ✓ **Consumo de energia da motobomba:**

Ao instalar uma motobomba no sistema de captação de água pluvial, será gerado um gasto a mais no consumo de energia elétrica, este consumo será calculado, e será necessário antes a determinação da potência do equipamento, além de quantas horas e quantos dias o equipamento será utilizado;

Método de Rippl

Foi escolhido este método com a finalidade de suprir totalmente a demanda anual e atuando de forma acumulativa, resultando em um superdimensionamento do reservatório (TOMAZ, 2010, p.189). De acordo com as equações descritas na NBR 15527 (2007, p.6, Anexo A).

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

Resultados e discussões

Determinação da área de coleta:

Para determinação da área de coleta de água, optou-se por separar o telhado em áreas 1,2,3 e 4:

✓ Área 1:

$$36\% = \frac{CO}{5,2} \therefore CO = 1,872 \text{ m}$$

$$hip = \sqrt{5,2^2 + 1,872^2} \therefore hip = 5,527 \text{ m}$$

$$A1 = 5,527 * 22,55 \therefore A1 = 124,634 \text{ m}^2$$

✓ Área 2:

$$36\% = \frac{CO}{0,9} \therefore CO = 0,324 \text{ m}$$

$$hip = \sqrt{0,9^2 + 0,324^2} \therefore hip = 0,956 \text{ m}$$

$$A2 = 0,956 * 4,01 \therefore A2 = 3,833 \text{ m}^2$$

✓ Área 3:

$$36\% = \frac{CO}{1,7} \therefore CO = 0,612 \text{ m}$$

$$hip = \sqrt{0,612^2 + 1,7^2} \therefore hip = 1,807 \text{ m}$$

$$A3 = 1,807 * 6,32 \therefore A3 = 11,420 \text{ m}^2$$

✓ Área 4:

$$36\% = \frac{CO}{6,3} \therefore CO = 2,268 \text{ m}$$

$$hip = \sqrt{6,3^2 + 2,268^2} \therefore hip = 6,696 \text{ m}$$

$$A4 = 6,696 * 14,89 \therefore A4 = 99,703 \text{ m}^2$$

✓ Área total:

$$AT = 124,634 + 3,833 + 11,420 + 99,703 \therefore AT = 239,59 \text{ m}^2$$

Previsão de consumo de água não potável:

Uso interno:

Bacia sanitária, considerando vazamentos:

$$\frac{7 \text{ pessoas} * 4 \text{ vezes/dia} * 9 \text{ litros/descarga} * 30 \text{ dias}}{1000} = 7,56 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Uso externo:

Rega de jardim:

$$\frac{53m^2 * 2 \text{ litros/dia}/m^2 * 0,4 \text{ vezes/mês} * 30\text{dias}}{1000} = 1,27 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Lavagem de automóveis:

$$\frac{2\text{carros} * 150 \text{ litros/lavagem} * 4 \text{ vezes/mês}}{1000} = 1,2 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Mangueira de jardim:

$$\frac{50\text{litros} * 15\text{dias}}{1000} = 0,75 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$\text{Consumo total} = 10,78 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Determinação do coeficiente de escoamento superficial:

A determinação do coeficiente de escoamento superficial é feita de acordo com material e do acabamento da área a ser coletada. O material utilizado é telha cerâmica, portanto foi utilizado o coeficiente 0,8.

Dimensionamento de calhas de condutores:

➤ **Calhas**

Cálculo da vazão de projeto Q NBR 10844 (1989):

Como visto foi constatado a intensidade pluviométrica de 25 anos, no mês de janeiro obteve a maior intensidade, no qual $339,6 \text{ mm/h}$. E a área foi calculada em verdadeira grandeza para captação de $239,59 \text{ m}^2$:

$$I = 339,6 \text{ mm/h}$$

$$A = 239,59 \text{ m}^2$$

Para o cálculo da maior vazão dos últimos 25 anos:

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

$$Q = \frac{339,6 * 239,59}{60}$$
$$Q = 1356,1 \text{ l/min}$$

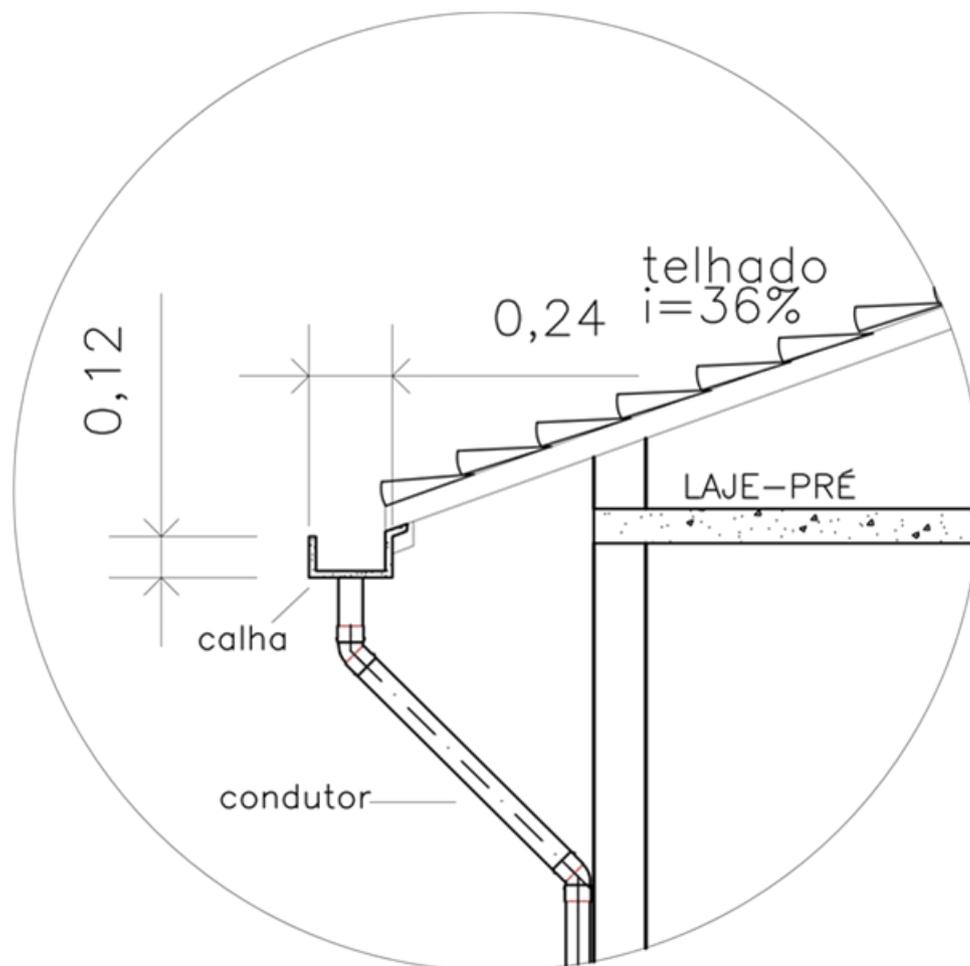
E assim constatou que na chuva de maior intensidade a vazão máxima de chuva que possa ser coletado através do telhado usado é de $Q = 1356,1 \text{ l/min}$.

Fórmula de Manning NBR 10844 (1989):

Utilizando a Fórmula de Manning para obtenção da vazão suportada pela calha.

$$K = 60.000 \text{ l/min}$$

Dimensões adotadas da calha:



ESCALA 1:25

Figura 5: Detalhe da calha

$$b = 24 \text{ cm};$$

$$h = 12 \text{ cm};$$

Área da seção molhada:

$$A = 0,24 * 0,12$$

$$A = 0,0288 \text{ m}^2$$

Perímetro da seção molhada:

$$P = 0,24 + 2 * 0,12$$

$$P = 0,48 \text{ m}$$

Raio hidráulico:

$$R = \frac{0,0288}{0,48}$$

$$R = 0,06 \text{ m}$$

Ao optar por utilizar calhas de zinco, foi verificada a rugosidade (Tabela 5);

Tabela 5: Coeficientes de rugosidade de Manning.

Material	Coeficiente de rugosidade n de Manning
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: adaptada de NBR 10844 (1989), apud TOMAZ, 2010, p.83.

$n = 0,011 \rightarrow$ Tabelado

Com a vazão de projeto obtida de $Q = 1356,1 \text{ l/min}$, foi analisado a capacidade que cada condutor horizontal pode suportar conforme a tabela 6, de acordo com o material utilizado na calha (zinco) obteve o número de rugosidade Manning $n = 0,011$. Relacionando a vazão de projeto com o coeficiente de Manning utilizado resultou em uma declividade de 0,5%:

Tabela 6: Capacidade de condutores horizontais.

Diâmetro interno D (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226

100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	242	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	442	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: adaptada de NBR 10844(1989) apud TOMAZ (2010) p.84.

$$S = 0,5\% \rightarrow 0,005 \text{ m/m}$$

Vazão do projeto:

$$Q = 60000 * \frac{0,0288}{0,011} * 0,06^{\frac{2}{3}} * 0,005^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 1702 \text{ l/mim}$$

A vazão encontrada na Fórmula de Manning foi superior a vazão de projeto, dando a finalidade de que a calha com a dimensão adotada suporta a vazão da área de captação.

$$Q > Q_{projeto}$$

➤ Condutores

Para determinar o diâmetro dos condutores verticais foi usada a Tabela 7 de Botelho; Ribeiro Júnior(1998).

Tabela 7: Vazão para condutores verticais.

Milímetros	Vazão (litros/segundo)
50	0,57
75	1,76
100	3,78
125	7
150	11,53
200	25,18

Fonte: adaptado de BOTELHO; RIBEIRO JÚNIOR, 1998.

Para determinação da vazão que cada calha (1,2, 3 e 4) distribuirá para cada condutor vertical:

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

Calha 1:

$$Q = \frac{14,90 * 5,53 * 0,095}{1}$$

$$Q = 7,83 \text{ l/s}$$

Adotado um condutor vertical de 150 mm, com vazão de até 11,53 l/s (figura 6).

Calha 2:

$$Q = \frac{3,65 * 5,53 * 0,095}{1}$$

$$Q = 1,92 \text{ l/s}$$

Adotado um condutor vertical para a calha 2, com 100 mm e vazão de 3,78 l/s (Figura 6).

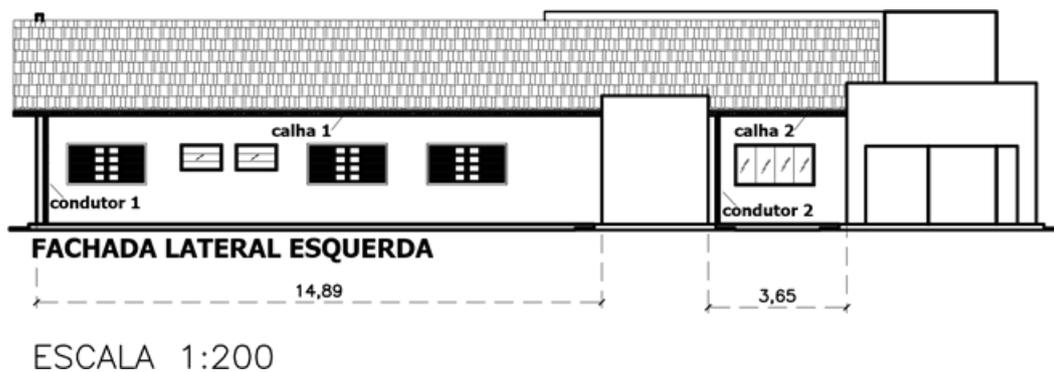


Figura 6: implantação dos condutores verticais. Fonte: autores.

Calha 3:

$$Q = \frac{5,74 * 8,50 * 0,095}{2}$$

$$Q = 2,32 \text{ l/s}$$

Foram colocados dois condutores na calha 3 com diâmetro de 100 mm e vazão de 3,78 l/s, conforme a figura 7.

Calha 4:

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

$$Q = \frac{8,40 * 6,06 * 0,095}{2}$$

$$Q = 2,42 \text{ l/s}$$

Foram colocados dois condutores na calha 4 com diâmetro de 100 mm e vazão de 3,78 l/s, conforme a figura 7.

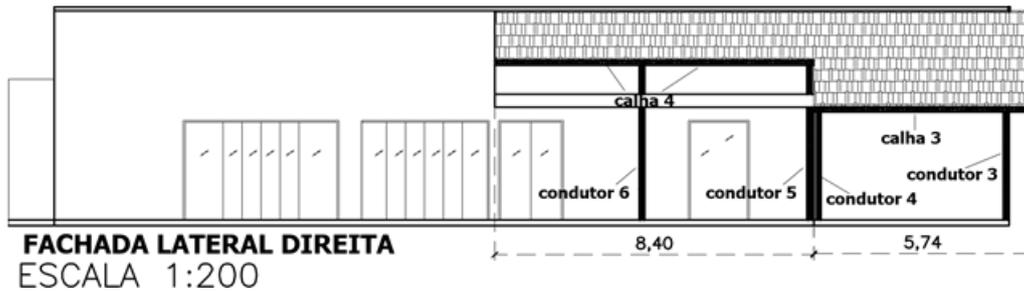


Figura 7: implantação dos condutores verticais. Fonte: autores.

Sistema de bombeamento

Foi utilizada a norma NBR 5626 (1998) referente a instalação predial de água fria, junto às equações de Hazen-Williams para determinar o diâmetro das tubulações, a potência da motobomba e as perdas de carga.

Dimensionamento da tubulação de recalque:

Para determinar o diâmetro de recalque usou-se o consumo de água não potável de 366,67 l/dia, ou seja, $4,244 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, adotou-se motobomba por aproximadamente 4 horas/dia:

$$D_R = 1,3 * \sqrt{4,244E^{-6}} * \sqrt[4]{\frac{4}{24}}$$

$$D_R = 1,711 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Portanto, optou-se pela utilização de um tubo de 25 mm como diâmetro de recalque.

Para um tubo cujo diâmetro é de 25 mm (0,025 m) tem-se uma vazão tabelada de $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$, ou seja, $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$, além de este tubo permitir por norma uma velocidade de escoamento de até 3 m/s, com isso utilizou-se as equações de

Hazen-Williams no qual foi adotado o coeficiente de perda de carga ($C = 140$) para a determinação da perda de carga unitária:

$$J = 10,643 * \frac{0,001^{1,85}}{140^{1,85} * 0,025^{4,87}}$$

$$J = 0,2036 \text{ m/m}$$

Velocidade de escoamento:

$$V = 0,355 * 140 * 0,025^{0,63} * 0,2036^{0,54}$$

$$V = 2,06 \text{ m/s}$$

Logo se tem que $V = 2,06 \text{ m/s} \leq V_{m\acute{a}x} = 3 \text{ m/s}$, portanto atende a velocidade máxima permitida.

Altura Manométrica de recalque:

Para determinar o comprimento total do sistema, utilizou-se de *software* para medir o comprimento da tubulação real (12,52 m), conforme figura 8, além de seis cotovelos de 90° que representariam 1,5 m cada, utilizou-se também uma redução (0,2 m), uma válvula de retenção (3,2 m), um registro de gaveta (0,3 m), entrada e saída da canalização correspondendo a 1,3 m cada.

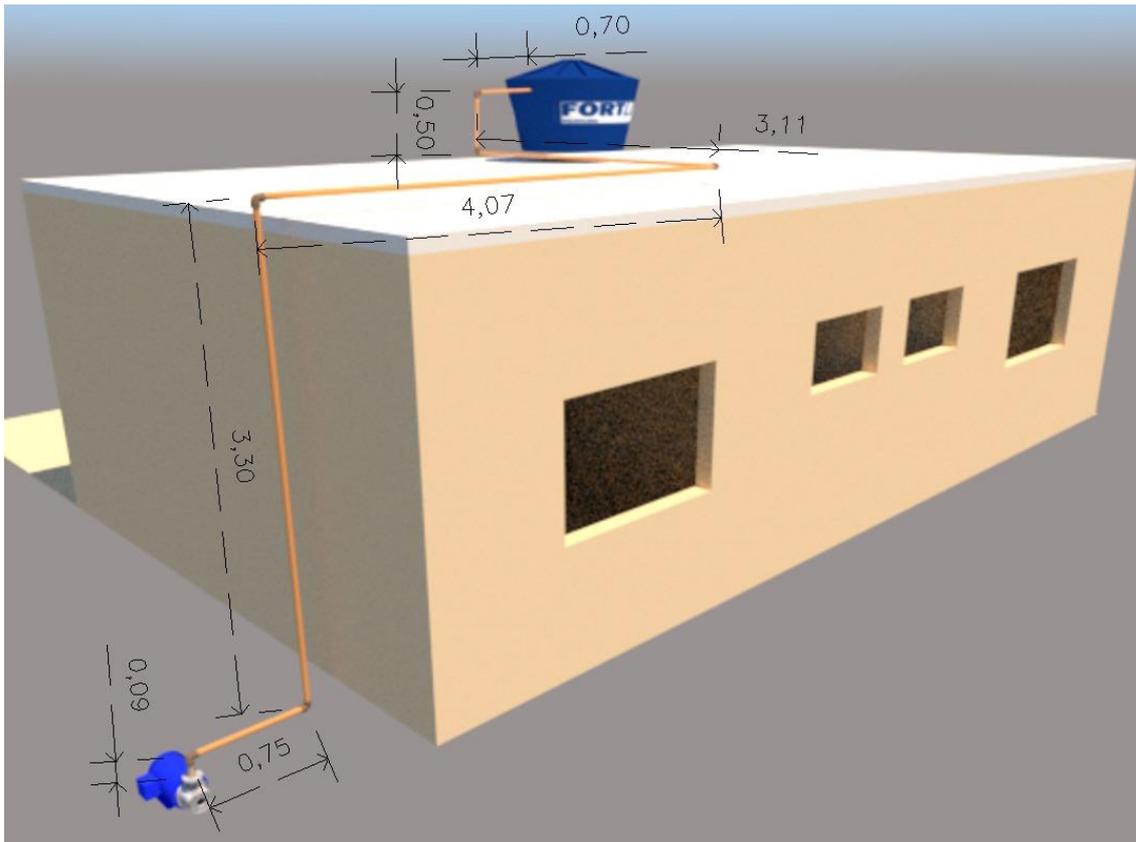


Figura 8: Isometria das tubulações. Fonte: autores.

Comprimento total:

$$L_{total} = 12,52 + (6 * 1,5) + 0,2 + 3,2 + 0,3 + (2 * 1,3)$$

$$L_{total} = 27,92 \text{ m}$$

Perda de carga total:

$$H_t = 0,2036 * 27,92$$

$$H_t = 5,68 \text{ m}$$

Logo após a determinação da perda de carga total, somam-se com a altura estática de recalque para encontrar a altura manométrica de recalque, a altura estática de recalque foi calculada adotando uma caixa d'água de 500 l com dimensões de 0,95 m de diâmetro e altura de 0,58 m, além de adotar uma motobomba com dimensões padronizadas de 0,25 m de comprimento, 0,115 m de largura e 0,155 m de altura:

$$H_{man_{rec}} = (0,09 + 3,3 + 0,50) + 5,68$$

$$H_{man_{rec}} = 9,57 \text{ m}$$

Dimensionamento da tubulação de sucção:

Segundo a NBR 5626 (1998) para o dimensionamento da tubulação de sucção indica-se a utilização de um diâmetro superior ao adotado na tubulação de recalque, sendo assim utilizou-se o diâmetro de 32 *mm*, logo calculou-se novamente a perda de carga unitária e a velocidade de escoamento, conforme os mesmos critérios feito no procedimento da tubulação de recalque:

$$J = 10,643 * \frac{0,001^{1,85}}{140^{1,85} * 0,032^{4,87}}$$

$$J = 0,0612 \text{ m/m}$$

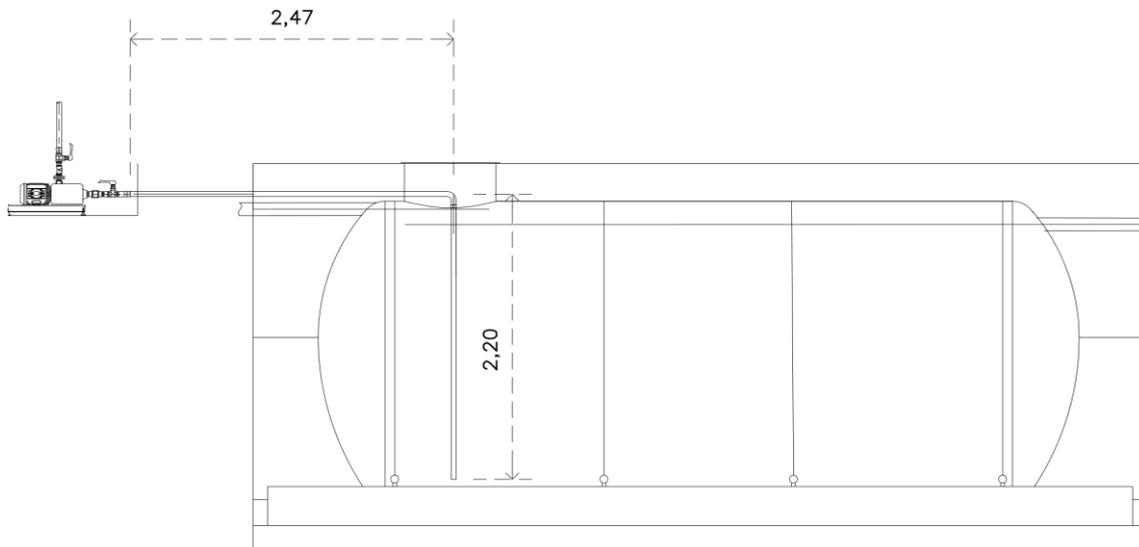
$$V = 0,355 * 140 * 0,032^{0,63} 0,0612^{0,54}$$

$$V = 1,257 \text{ m/s}$$

Igual para tubulação de recalque a $1,257 \text{ m/s} \leq 3 \text{ m/s}$ sendo assim atende a velocidade máxima estabelecida.

Altura manométrica de sucção:

Determinou-se a altura manométrica de sucção adotando que a tubulação se foi instalada no fundo do reservatório, no qual tem 2,2 *m* de altura, conforme a figura 9, além de serem consideradas todas as conexões utilizadas, um cotovelo de 32 *mm* conforme tabela A.3 da NBR 5626 (1998).



ESCALA 1:50

Figura 9: Dimensão da tubulação de sucção. Fonte: autores.

Comprimento total:

$$L_{total} = 4,67 + 2 + 0,15 + 0,1 + 15,3 + 1,4 + 0,4$$

$$L_{total} = 24,02 \text{ m}$$

Perda de carga total:

$$H_t = 0,0612 * 24,02$$

$$H_t = 1,47 \text{ m}$$

$$H_{man_{suc}} = 2,2 + 1,47$$

$$H_{man_{suc}} = 3,67 \text{ m}$$

Portanto obteve-se a altura manométrica de sucção de 3,67 m.

Altura manométrica total do sistema:

Para cálculo da altura manométrica do sistema, foi feito a soma entre as alturas manométricas de recalque e sucção:

$$H_{man} = 9,57 + 3,67$$

$$H_{man} = 13,24 \text{ m}$$

Potência da moto-bomba:

$$P = \frac{0,0002511 * 13,24}{75 * 0,6}$$

$$P = 7,5x10^{-5} CV$$

Adotado um modelo comercial cuja potência será de 0,25 CV.

Consumo de energia da motobomba:

Ao optar-se por uma motobomba de 1/4 CV, no qual será utilizada por no máximo 30 min por dia, determinou-se o consumo de energia deste equipamento:

$$CE = \frac{183,75 * 0,5 * 30}{1000}$$

$$CE = 2,756 kWh$$

Após determinar o consumo mensal a ser utilizado pelo equipamento, verificou-se o valor da tarifa cobrado pela concessionária CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) que obtêm a concessão na cidade de Araçatuba, cidade no qual foi utilizado na pesquisa. Para uma residência normal e com bandeira verde resultou em um valor de R\$ 207,37 MWh, dividiu-se por 1000 para utilizar na mesma unidade de medida e multiplicou-se pelo CE, resultando em R\$ 0,57 ao mês.

Método de Rippl

Método analítico:

Para o método analítico monta-se uma tabela no *software* computacional com a seguinte configuração:

Primeira coluna – colocou-se os meses referentes ao ano.

Segunda coluna – adicionou-se os dados das precipitações médias em mm da cidade de Araçatuba no ano de 2017.

Terceira coluna – fixou-se o consumo necessário mensal de água não potável em m^3 .

Quarta coluna – área disponível para ser feita a captação da água da chuva em m^2 .

Quinta coluna – é o volume captado de água em m^3 , chegou-se aos valores da seguinte maneira: precipitação média (segunda coluna) multiplicada pela área de captação (quarta coluna) multiplicado pelo coeficiente de runoff, que neste caso é 0,80 devido ao material utilizado (telha cerâmica), conforme previsto na norma NBR 15527 (2007).

Sexta coluna – corresponde ao consumo menos o volume captado em m^3 , seria o volume captado (quinta coluna) subtraído pelo consumo mensal (terceira coluna), é adicionado o sinal negativo para indicar um excesso de água, que será extravasado.

Sétima coluna – indica os meses em que ocorreu uma diminuição no nível do reservatório, resultando no tamanho ideal do reservatório para que não ocorra a falta de água.

As colunas foram preenchidas com os dados deste estudo, obtendo a Tabela 8 abaixo:

Tabela 8: Método analítico.

Mês	Precipitação média	Consumo	Área de captação	Volume captado	Consumo Volume captado	Diferença + acumulada
Janeiro	339,6	11	239,59	65,0918112	-54,0918112	
Fevereiro	144,1	11	239,59	27,6199352	-16,6199352	
Março	105,2	11	239,59	20,1638944	-9,1638944	
Abril	188,5	11	239,59	36,130172	-25,130172	
Mai	130,2	11	239,59	24,9556944	-13,9556944	
Junho	31,8	11	239,59	6,0951696	4,9048304	4,9048304
Julho	0	11	239,59	0	11	15,9048304
Agosto	49,9	11	239,59	9,5644328	1,4355672	17,3403976
Setembro	3,3	11	239,59	0,6325176	10,3674824	27,70788
Outubro	147	11	239,59	28,175784	-17,175784	
Novembro	245,3	11	239,59	47,0171416	-36,0171416	
Dezembro	171,7	11	239,59	32,9100824	-21,9100824	

Fonte: adaptada de TOMAZ, 2010.

Método gráfico

Para a confecção do gráfico, foram utilizados os doze meses do ano, o consumo médio acumulado e o volume captado acumulado, demonstrando que o consumo médio será atendido durante todo o ano, de acordo com a Figura 10.

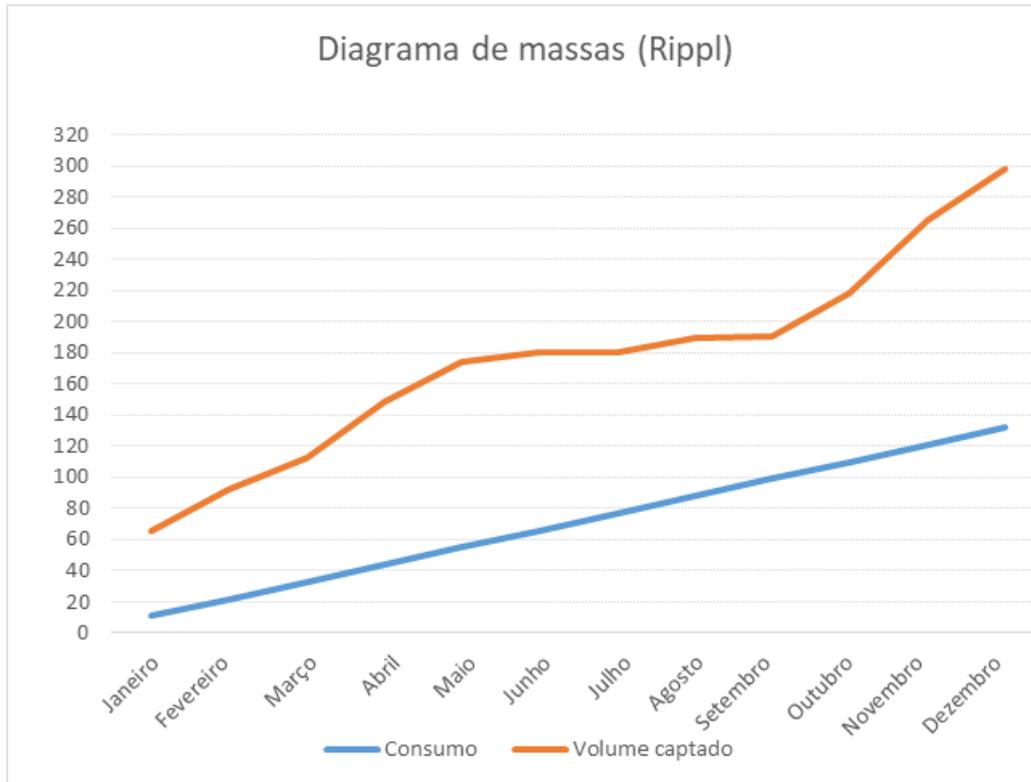


Figura 10: Diagrama de massas. Fonte: autores.

Dimensões do reservatório:

Para suprir a demanda de aproximadamente 27 m^3 , adotou-se um raio ($r = 1,1 \text{ m}$) devido a disponibilidade da área implantação.

$$V_2 = \frac{4 * \pi * 1,1^3}{3}$$

$$V_2 = 5,575 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 27 - 5,575$$

$$V_1 = 21,425 \text{ m}^3$$

$$21,425 = h * \pi * 1,1^2$$

$$h = 5,64 \text{ m}$$

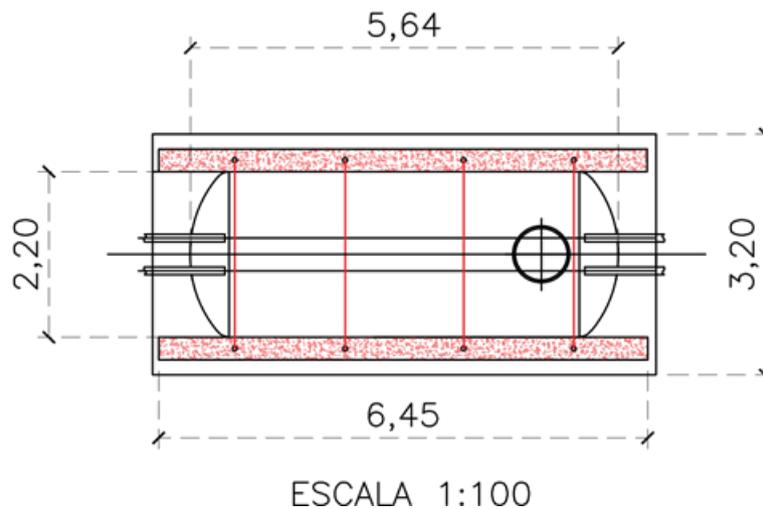


Figura 11: Dimensões do reservatório. Fonte: autores.

Viabilidade Econômica

O presente estudo foi realizado para a cidade de Araçatuba - SP, sabendo que a concessionária que oferece o serviço de tratamento de água e esgoto é a SAMAR, foi utilizado à tabela 9 a seguir que detalha as taxas cobradas por cada serviço, neste caso taxas para consumo residencial.

Tabela 9: Tarifas de água e esgoto

Faixas de Consumo	Água (R\$)	Esgoto (R\$)
00 a 12 m ³ /mês (mínimo)	18,38	14,71
13 a 20 m ³ /mês	2,26	1,81
21 a 30 m ³ /mês	4,18	3,34
31 a 50 m ³ /mês	5,69	4,55
51 a 100 m ³ /mês	8,19	6,55
acima de 100 m ³ /mês	10,84	8,67

Fonte: SAMAR, 2018.

Para cálculo do valor total da tarifa, sabendo que é uma residência e que sete pessoas utilizam água na mesma, a média estabelecida é de 150 l/pessoa/dia, e com consumo mensal total de 31,5 m³, enquadrando-se nas taxas de R\$ 5,69 reais por metro cúbico de água e R\$ 4,55 reais por metro cúbico para o esgoto, notando-se que o esgoto é aproximadamente 80% o valor da água:

$$VT_{\text{água}} = 31,5 * 5,69$$

$$VT_{\text{água}} = R\$ 179,23$$

$$VT_{\text{esgoto}} = 31,5 * 4,55$$

$$VT_{\text{esgoto}} = R\$ 143,32$$

$$VT = 179,23 + 143,32$$

$$VT = R\$ 322,55$$

A fatura total seria de R\$ 322,55, sabe-se que o consumo de água não potável de projeto é 11 m^3 , em seguida demonstrou os cálculos de consumo de água potável que será utilizado após a implantação do sistema:

consumo total – consumo não potável

$$31,5 \text{ m}^3 - 11,0 \text{ m}^3$$

$$\therefore 20,5 \text{ m}^3$$

Cálculo da fatura de água após sistema de reuso observou-se que com a redução de consumo de água potável as taxas serão diferentes, se enquadrando nos valores de R\$ 2,26 / m^3 de água e R\$ 1,81/ m^3 de esgoto:

$$VT_{\text{água}} = 20,5 * 2,26$$

$$VT_{\text{água}} = R\$ 46,33$$

$$VT_{\text{esgoto}} = 20,5 * 1,81$$

$$VT_{\text{esgoto}} = R\$ 37,10$$

$$VT = 46,33 + 37,10$$

$$VT = R\$ 83,43$$

Constatou-se que após o sistema de reuso ser implantado haverá uma redução de 25,8% do custo da fatura, conforme detalhado na tabela 10:

Tabela 10: Economia da fatura.

Meses	Sem sistema (R\$)	Com sistema (R\$)
Jan.	322,55	83,43
Fev.	322,55	83,43
Mar.	322,55	83,43
Abr.	322,55	83,43
Mai	322,55	83,43
Jun.	322,55	83,43
Jul.	322,55	83,43
Ago.	322,55	83,43
Set.	322,55	83,43
Out.	322,55	83,43
Nov.	322,55	83,43
Dez.	322,55	83,43
Total anual	3870,6	1001,16
Total economizado		2869,44

Fonte: autores.

Para verificar a viabilidade econômica foi feito um orçamento de todos os materiais utilizados para a implantação do sistema de reserva de água pluvial, como também do custo da mão de obra para realizar o serviço de implantação. A seguir na tabela 11 demonstrado todos os custos para implantar o sistema:

Tabela 11: Materiais utilizados no sistema.

Materiais utilizados	Quantidade	Preço
Condutores verticais de pvc 100mm	18,00 m	129,18
Condutores verticais de pvc 150mm	3,00 m	107,00
Condutores horizontais de pvc 100 mm	22,02 m	142,62
Calha de zinco	35,95 m	431,4
Caixa d'água 500 litros	1,00 um	160,1
Cisterna de 27.000 litros	1,00 um	16.352,00
Moto bomba 1/4 CV e 183,75 W	1,00 um	169,99
Nível eletrônico	1,00 um	20,46
Filtro by pass	1,00 um	1.597,90
Curvas 90º 100mm	8,00 um	100,08

Filtro volumétrico	5,00 um	265,00
Brita nº1	3,00 m ³	279,00
Areia grossa	3,00 m ³	210,00
Cimento	3,00 sacos	66,00

(continuação)

Materiais utilizados	Quantidade	Preço
Vergalhão 5/8"	5,00 barras	524,5
Estribos 1/4"	8,00 barras	128,76
Argolas 3/4"	4,00 um	79,92
Mão de obra		1700,00
	Total =	22463,91

Fonte: mercado, 2018.

O custo total do sistema que é de R\$ 22.463,91, e sendo a economia na tarifa de água anual de R\$ 2.869,44, podemos agora calcular quanto tempo de retorno do investimento, lembrando que devemos considerar o gasto de energia gerado anualmente pela moto bomba é de R\$ 6,84:

$$RI = \frac{22.463,91}{2.869,44 - 6,84}$$

$$RI = 7,85 \text{ anos}$$

$$RI \cong 8 \text{ anos}$$

O retorno sobre o investimento dar-se-ia após aproximadamente oito anos, tendo em vista que esse período pode ser menor, pois a tarifa de água passa por reajustes anualmente e com isso o tempo de retorno tende a diminuir.

Conclusões

As fontes utilizadas para abastecimento de água nas cidades vem se tornando insuficientes como consequência do aumento da demanda e apresentando qualidade comprometida, gerando a necessidade de buscar alternativas capazes de reverter o atual estado de uso deste recurso.

A preservação dos bens naturais é essencial para garantir que as gerações futuras tenham acesso à estes recursos, o método exposto nessa pesquisa busca conscientizar a população que podemos utilizar a água potável apenas onde é

extremamente necessária, e utilizarmos a água da chuva para fins que não necessitem de tratamento profundo.

Com medidas sustentáveis contribuindo para a preservação dos recursos naturais, pois nas tubulações distribuídas pela concessionária, geralmente ocorre vazamentos desperdiçando ainda mais a água tratada. O método de captação e armazenamento de água da chuva contribui também para uma redução nas enchentes e alagamentos.

Este estudo baseou-se nas características de uma residência localizada na cidade de Araçatuba-SP de alto padrão, com sete moradores e com consumo médio de água de aproximadamente 31.500 litros/mês, após análise constatou-se que somente 20.500 litros/mês era utilizado para fins nobres, o restante dos 11.000 litros/mês podendo ser utilizado água não potável.

Para a cidade de Araçatuba-SP os índices pluviométricos são bem variados, no mês de maior quantidade de chuva chega atingir quase 350 mm, porém nos meses de estiagem podendo chegar a 0 mm de chuva, com intuito de utilização de água pluvial durante todo o ano, foi calculado o reservatório com base no método de Rippl que resultou em um reservatório de aproximadamente 27 m³.

O início do sistema de captação dá-se através de calhas e condutores horizontais e verticais que foram calculados de acordo com a área e inclinação do telhado (239,59 m²) que conduz a água da chuva até o reservatório, sendo que 20% desta água é designada para limpeza do telhado e descartada.

Devido a área destinada para a implantação do reservatório ser pequena, optou-se por um sistema de cisterna subterrânea, necessitando de sistemas de bombeamento para recalque e sucção, com a finalidade de bombear a água pluvial do reservatório subterrâneo até uma caixa d'água localizada na laje da residência, posteriormente abastecerá por gravidade.

Estimou-se que este sistema possa ser implantado em até 15 dias, com custo total da obra de R\$ 22.463,91, com a o implantação deste reservatório gera uma economia mensal entre água e taxa de esgoto de R\$ 239,12 o que representa 25,8% .

A captação e utilização de águas pluviais com dimensionamento criterioso do sistema de captação, coleta e preservação, considerando as características locais, o que evita a implantação de projetos inadequados. Dessa forma, o presente

projeto apresenta-se como uma alternativa viável, com sustentabilidade, preservação e posteriormente economia, com estimativa de retorno de investimento após oito anos. Diminui a pressão de reservatórios, rios e poços, permitindo o direcionamento dessas águas para atendimento a consumos mais nobres, para uma parcela maior da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**. ANA, 2017. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acesso em 28 fev. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626. Instalação predial de água fria – Requisitos**. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527. Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. 2007.

BRANDÃO, J. L.; MARCONI, P. **Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272475740_Analysis_of_the_rainwater_tank_sizing_methods_suggested_by_NBR_1552707_through_daily_simulation>. Acesso em: 28 abr. 2018.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO, G. A. **Instalações hidráulicas prediais, feitas para durar**. São Paulo: ProEditores, 1998.

CARVALHO D.F; SILVA L.D.B. **Fundamentos de Hidráulica**. Disponível em: <<http://www.ufrjrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/IT503%20cap%207%20-%202011p.pdf>>. Acesso: 02 dez. 2018.

CASA DA CISTERNA. **Cisterna subterrânea de 2.500L e 5.000L**, 2017. Disponível em: <<http://casadacisterna.com.br/loja/reservatorios-cisternas-e-tanques/cisterna-subterranea-de-2-500l-e-5-000l/>>. Acesso em: 03 maio 2018.

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

CIAGRO ONLINE. **Monitoramento Climático.** Disponível em <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. **Captação e aproveitamento de água de chuva:** dimensionamento de reservatórios. Salvador: UFBA, 2008. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art74.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.

FAO. 2050: **A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência.** Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/>>. Acesso em 04 mar. 2018.

FIEMG; FEAM - **Cartilha: Aproveitamento de água pluvial.** Disponível em:<http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO_SUSTENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/CARTILHA_AGUA_DA_CHUVA_INTRANET.pdf> Acesso em 09 nov. 2018.

CPFL. **Energias, Tarifas e serviços.** Disponível em: <<https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/taxas-tarifas?codMunicipio=3502804>>. Acesso em 03 out. 2018.

GUINDANI, A.M. **Estudo de viabilidade econômica da implantação do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em edificação residencial em Estrela-RS.** Lajeado-RS Centro Universitário UNIVATES, 2016. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1407/1/2016AdrianoMarcosGuindani.pdf>>. Acesso em 24 set 2018.

GRANATO, S. F.. **O ciclo da água. Sua pesquisa,** 2017. Disponível em: <https://googleweblight.com/i?u=https://m.suapesquisa.com/pesquisa/ciclo_agua.htm&hl=pt-BR&grqid=u9EzCQWQ>. Acesso em 28 fev. 2018.

HIDROVOLT. **Bomba Multiestágio Horizontal - MHIL.** Disponível em: <<http://www.hidrovolt.com.br/hidrometros-medidores/4/bombas-e-pressurizadores/15/bombas/19/bombas-multiestagio/39/bomba-multiestagio-horizontal-mhil.html>>. Acesso em: 03 maio 2018.

JOVELINO, J. et al. **Estudo das metodologias de dimensionamento de reservatórios de água de chuva**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2015. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV044_MD4_SA6_ID431_10092015105157.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

LEITE, P. A. C.; SANTOS, I. F. S. Dimensionamento preliminar de reservatório de águas pluviais para o prédio do instituto de recursos naturais (Irn – Unifei). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, UFPR, v. 4, n. 4, p. 42-52, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/44154/pdf_76>. Acesso em: 18 abr. 2018.

PEREIRA, L. R.; PASQUALETTO, A.; MINAMI, M. Y. M. **Viabilidade econômico/ambiental da implantação de um sistema de catação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura**. Goiânia: PUC Goiás, 2008. Acesso em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/VIABILIDADE%20ECONOMICO_AMBIENTAL%20DA%20IMPLANTA%C3%87%C3%83O%20DE%20UM%20SISTEMA%20DE%20CAPTA%C3%87%C3%83O%20E%20APROVEITAMENTO%20DE%20%C3%81GUA.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

LIMA, M. Ciclo da água. **Mundo e educação**, 2018. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água**. Ministério do meio ambiente, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2018.

NOGAS, S. C. F. **Estudo e proposta de implementação de sistema para uso racional de água em empresa de transportes no norte do Paraná**. Curitiba: DACOC, 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/795/1/CT_CECONS_II_2012_10.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.

PENA, R.. A distribuição da água no mundo. **Mundo e educação**, 2018. Disponível em Mundo Educação: < http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/a-distribuicao-agua-no-mundo.htm#disqus_thread>. Acesso em: 28 fev. 2018.

RUPP, R. F.; MUNARIM. U.; GHISI. E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambient. Constr.** n. 4, 2011. Porto Alegre: SciELO, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000400005&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 28 abr. 2018.

SCHNEIDER. **Moto bomba. Manual técnico.** Disponível em: <http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/comprimentos_equivalentes.pdf>. Acesso em 03 dez. 2018.

SUZUKI, Ronaldo. **Sistema predial.** Aula 3. Disponível em: <https://www.suzuki.arq.br/unidadeweb/aula3/aula3.htm>. Acesso em: 25 set. 2018.

SILVEIRA, Bruna. **Reuso de água pluvial em edificações residenciais.** Belo Horizonte: UFMG, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Reuso%20Da%20%20C1gua%20Pluvial%20Em%20Edifica%20E7%20F5es%20Residenciais.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

Estudo experimental e comparativo das propriedades físicas e mecânicas do concreto reforçado com fibra vegetal e concreto reforçado com fibras de aço

Experimental and comparative study of the physical and mechanical properties of reinforced concrete with vegetal fiber and reinforced concrete with steel fibers

João Lucas Fernandes de Oliveira¹
André Luís Gamino²
Giuliano Mikael Tonelo Pincerato²
Cleverson Arenhart²

RESUMO

Este trabalho consiste na análise comparativa por meio de ensaios laboratoriais (compressão axial, compressão diametral e tração na flexão) do concreto reforçado com fibras vegetais (CRFV), comparado ao concreto reforçado com fibras de aço (CRFA). Para isto, neste trabalho foram calculados quatro traços com base em um f_{ck} de 25 MPa, dentre estes, um como parâmetro referencial, dois com adição fibras de aço dos tipos A – II e C – III e um com adição de fibras de bambu. Após a moldagem e o processo de cura, os corpos de prova foram submetidos a ensaios destrutivos para caracterização de suas resistências mecânicas. Constatou-se que o uso das fibras vegetais ao concreto, foi tecnicamente viável, uma vez que o desempenho destas foi superior aos resultados do concreto convencional e equiparado ao concreto com adição das fibras de aço.

Palavras-Chave: fibra de aço; fibra de bambu; CRFA; CRFV.

ABSTRACT

This research consists of comparative analysis through laboratorial tests (axial compressive, diametral compression and flexural traction) in the concrete reinforced with vegetal fibers (VFRC), compared with concrete reinforced with steel fibers (SFRC). For this, four traces were used to the calculation, based on a f_{ck} of 25 MPa. One was used as a reference parameter, two with the addition of steel fibers types A – II and C – III, and one with the addition of bamboo fibers. After the molding and curing process, the specimens were subjected to destructive tests to characterize their mechanical strengths. Where, it was verified that the use of the

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

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

vegetal fibers added to the concrete, was technically viable, since their performance was superior to the result of conventional concrete and similar to the concrete with the fibers steel reinforcements.

Keywords: steel fiber; bamboo fiber; SFRC; VFRC.

Introdução

A utilização de materiais cimentícios é muito antiga, os antigos egípcios usavam gesso impuro, os romanos e gregos usavam calcário calcinado com fragmentos de pedra e areia: esse foi o primeiro concreto da história. Mais tarde aprenderam a adicionar cal moída junto com cinzas vulcânicas. A sílica e a alumina contida nas cinzas reagem com a cal, e produzem o que ficou conhecido como “cimento pozolânico”, devido ao nome da cidade de Pozzuoli próxima ao monte Vesúvio onde inicialmente extraíam as cinzas (NEVILLE, 2016). Hoje, com a expansão das construções no mundo, há uma necessidade de concretos mais resistentes. Frente a esse grande crescimento no setor da construção civil, surge cada vez mais a necessidade de usar recursos de baixo custo e de fontes naturais renováveis, que, portanto, não degradem ao meio ambiente.

O concreto se mantém como material estrutural mais utilizado no mundo por diversas características, uma de suas vantagens, é o seu baixo custo. Porém, conforme escreveu Carvalho; Figueiredo Filho (2014), o concreto sozinho não é adequado como elemento resistente, pois, enquanto tem uma boa resistência à compressão, pouco resiste à tração, cerca de 10% da resistência à compressão. Além disso, o concreto simples, apresenta um comportamento muito frágil e uma baixa capacidade de deformação antes da ruptura quando submetido à tração.

Quando fissurado, o concreto perde completamente a capacidade de resistir aos esforços de tração (FIGUEIREDO, 2011). Frente a isso surgiram soluções tecnológicas para combater essas deficiências do concreto, uma delas, foi o reforço com fibras. Denominadas como compósitos, as fibras atualmente estão disponíveis no mercado com os mais variados tipos e características, como por exemplo, fibras de aço, vidro e microfibras poliméricas (Nylon ou Polipropileno).

As fibras de aço, que são regulamentadas pela NBR 15530 (2007), conferem ao concreto, um aumento significativo nas resistências à tração e compressão conforme estudos realizados por Figueiredo (2000), porém por ser um compósito de origem totalmente industrializada, seu custo, frente a determinadas situações de uso, se torna alto.

Tendo isso em mente e com a proposta de estudar materiais alternativos que possam solucionar estrategicamente patologias na construção civil, como por exemplo, a propagação de fissuras, surgiu a ideia de realizar experimentos em laboratório, que atestem que o uso das fibras vegetais de bambu possa ser viável, ao ponto de se equiparar ou até mesmo substituir o uso das fibras de aço no concreto, uma vez que essas fibras são de fontes naturais renováveis e com ótimas características físicas e mecânicas, principalmente a resistência à tração, que é uma das maiores se não a maior deficiência do concreto.

De acordo com Oliveira (2013), devido a suas características genóticas de formação, seu arranjo intramolecular e estruturação compositiva, as fibras de bambu, possuem uma alta resistência à tração mecânica, comparado aos níveis de compósitos sintéticos de alta tecnologia, além de sua leveza e flexibilidade diretamente relacionadas à sua resistência. Segundo Carlessi (2010), as fibras de bambu, por possuírem grande capacidade de resistir esforços de tração, podem substituir as fibras de aço, concluindo ainda que, as fibras de bambu, no mesmo volume que as de aço, contribuem significativamente para o aumento da resistência à compressão simples do concreto.

Assim as fibras são misturadas junto a massa de concreto para aumentar as resistências mecânicas, principalmente à tração e evitar a propagação de fissuras em relação a um concreto não fibroso, causando um efeito de “costura” nas fissuras, impedindo ou retardando a ruptura do elemento, atuando como ponte de transferência entre as tensões.

Portanto o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento físico e mecânico do concreto reforçado com fibras vegetais quando comparado ao concreto reforçado com fibras de aço.

Materiais e métodos

Fibras de Bambu

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

A escolha do bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* ou Bambu Gigante (Figura 1), para ser utilizada neste trabalho como fibra vegetal, se deve ao fato de a mesma apresentar excelentes características genótípicas, resistência física e mecânica (tração, compressão e flexão) em relação a outras espécies.



Figura 1 - Touceira de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* (Bambu Gigante).
Fonte: autores.

Para realizar a extração dos caules do bambu foram utilizadas ferramentas como cerretes, marreta, facão e taiadeira. Após cortada, a planta permaneceu por 3 dias posicionada de forma perpendicular ao solo no mesmo local da touceira, ainda com seus galhos e folhas para acelerar o processo de secagem da seiva. Passado este período, os galhos e folhas foram retirados, e os caules foram cortados em tamanhos menores, com comprimentos em média de 1,5 m cada, assim foram armazenados para o processo de secagem final por 3 meses em um ambiente seco e fora do alcance de raios solares.

Depois de separados dos nós, os colmos foram novamente cortados em frações menores para facilitar a retirada da parte interna do bambu que é rica em amido e pouco resistente, a parte mais externa do colmo deve ser preservada com a casca, que é rica em sílica e onde se encontra a maior concentração de fibras na planta.

As etapas do processo de obtenção das fibras de bambu seguem a ordem (Figura 2), onde em (A) o colmo de bambu está inteiro e separado dos nós, em (B) o colmo é cortado em frações menores, em (C) a parte interna do bambu é retirada preservando a casca e em (D) as fibras estão afinadas com diâmetro de 1 mm e prontas para serem cortadas no comprimento necessário.

Com a ajuda de um paquímetro e escalímetro, as fibras foram cortadas no comprimento ideal de 65 mm, 5 mm a mais que o comprimento das fibras de aço que também foram utilizadas neste trabalho, de modo a compensar a ancoragem e a corrugação das mesmas.

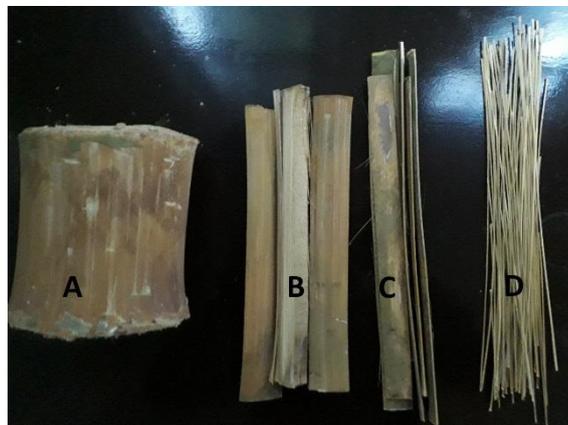


Figura 2 - Etapas do procedimento de fabricação das fibras de bambu.

Fonte: autores.

Fibras de Aço

Para este trabalho foram escolhidos dois tipos de fibras de aço (Figura 4): a do tipo A-II (ancorada nas extremidades e oriunda de chapa cortada a frio) e do tipo C-III (corrugada e oriunda de arame trefilado e escarificado), a tipologia e classificação destas fibras são prescritas pela NBR 15530 (2007). As fibras de aço utilizadas neste trabalho atenderam as especificações e requisitos da norma, onde, de cada lote foram retiradas amostras necessárias para a realização dos ensaios de dobramento, de verificação dimensional e verificação de defeitos.

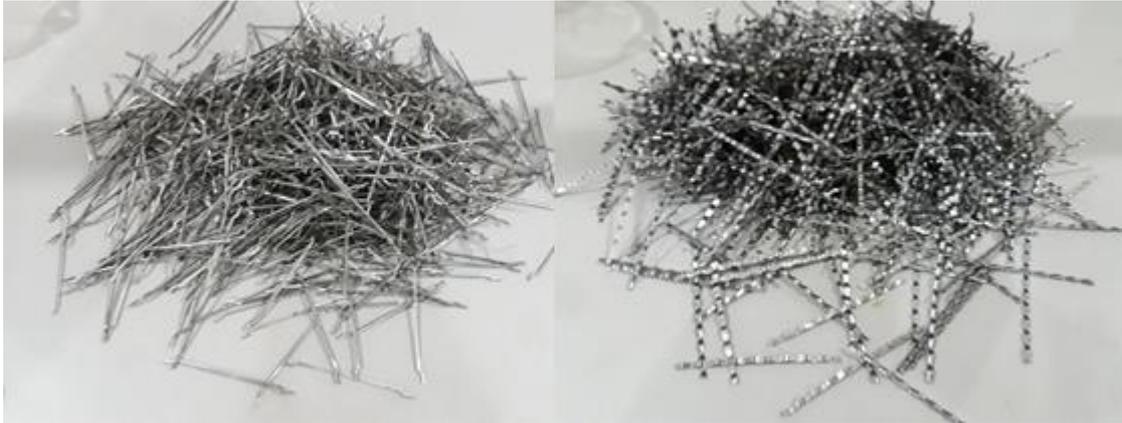


Figura 4 - Fibras de aço do tipo A – II e C – III, respectivamente. Fonte: autores.

Método de Dosagem

Os corpos de prova foram calculados para terem resistência mínima de 25 MPa através do método de dosagem INT (Instituto Nacional de Tecnologia). Seguindo o roteiro de cálculo do método, foi encontrado o traço de parâmetro referencial em massa: 1:1,417:2,516:0,481 e um consumo de cimento de 438,095 kg/m³.

Cuidados Preliminares

Antes da execução do concreto, foram feitos alguns procedimentos a fim de evitar influência por fatores externos. Os agregados miúdo e graúdo foram secos em estufa, a uma temperatura de 100 °C durante 24 h e as fibras de bambu foram secas a uma temperatura menor, cerca de 50 °C durante 24h, para evitar o risco de carbonização das fibras vegetais. Após a secagem dos agregados, foi feita a separação granulométrica, com auxílio das peneiras em mesa vibratória seguindo as orientações da NM 248 (2003).

Para critérios de cálculo das misturas, foi escolhido a brita de basalto, de classificação nº 1, com dimensões entorno de 19 mm . Porém, durante o teste táctil visual e de granulometria no agregado graúdo, foi constatado uma mistura de 3 tamanhos distintos na brita de basalto (nº 0 , nº 1 e nº 2), fazendo com que o concreto já misturado apresenta-se características de concreto bombeado, aumentando o abatimento do *Slump Test* (mesmo no concreto fibroso), que fora previamente calculado para um abatimento de 100 ± 20 mm.

A areia classificada como grossa, foi utilizada como agregado miúdo na execução das misturas deste trabalho, sua origem é do rio Tietê extraída pelo porto Saita & CIA em Araçatuba-SP, sua classificação e determinação das dimensões dos grãos são especificadas pela NBR 7211 (2009).

Foi utilizado o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V – ARI) como aglomerante, que devido a suas propriedades específicas o seu ganho de resistência se dá em torno de 7 a 14 dias após a cura do concreto.

A água utilizada nas misturas foi fornecida pelo laboratório da universidade localizado em Araçatuba-SP.

A dosagem das fibras de aço na misturas de concreto, tanto a *A – II* quanto a *C – III* foram dosadas em uma proporção de 20 kg/m^3 . Como as fibras de bambu são de origem vegetal, elas são mais leves que as de aço, portanto, para conter a mesma proporção de fibras nas misturas de concreto estudadas, as quantidades foram equiparadas por volume (Figura 5).



Figura 5 - Quantidade de fibras equiparadas por volume. Fonte: autores.

Execução dos Traços

Para análise, neste trabalho foram realizadas 4 misturas distintas de concreto, sendo elas:

1. Concreto sem adição de fibras;
2. Concreto com adição de fibra de bambu;
3. Concreto com adição de fibra de aço ancorada nas extremidades;
4. Concreto com adição de fibra de aço corrugada.

A betoneira utilizada no preparo das misturas de concreto foi a da marca Menegotti, com capacidade de 120 l. As misturas foram executadas conforme a orientação da NBR 12821 (2009) que prescreve o procedimento para preparação de concreto em laboratório.

Determinação da Consistência do Concreto

Após a execução das misturas, foram retiradas amostragens de concreto fresco de cada betonada conforme prescreve a NM 33 (1998); para a definição da consistência do concreto, foi utilizado o teste de abatimento do tronco de cone, ou *Slump Test*, regulamentado pela NM 67 (1998).

Moldagem, Adensamento e Cura dos Corpos de Prova

Para este trabalho, foram moldados 80 corpos de prova (CP's) cilíndricos de dimensões 15x30 cm e 16 corpos de prova prismáticos com dimensões básicas de 15x15 cm e comprimentos de 50 cm, com moldagem, adensamento e cura, segundo as orientações estipuladas pela NBR 5738 (2016).

Para todas as moldagens executadas neste trabalho, o método de adensamento estabelecido foi o manual. Após cumprido o tempo de cura inicial, os corpos de prova foram submetidos a cura submersa em água saturada de hidróxido de cálcio, até completar a idade de rompimento nos ensaios mecânicos

Ensaio Mecânicos

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

Após o término da cura submersa, os corpos de prova com idades de 14 dias e 28 dias foram submetidos aos ensaios mecânicos destrutivos, para determinação de suas resistências à compressão e à tração. Os ensaios foram executados com o auxílio da prensa hidráulica da marca Emic, Classe 1, que dotava de mostrador digital com as unidades de carga apresentadas em kN .

Compressão Axial

A NBR 5739 (2018) especifica o método de ensaio para determinar a resistência à compressão. O carregamento de ensaio foi aplicado de forma contínua e sem choques, com velocidade de carregamento de $(0,45 \pm 0,15) MPa/s$.

A resistência à compressão foi calculada através da Eq. (1):

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2} \quad (1)$$

Em que:

- f_c é a resistência à compressão, expressa em megapascals (MPa);
- F é a força máxima alcançada, expressa em newtons (N);
- D é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

Com os resultados obtidos em laboratório através dos ensaios destrutivos de compressão axial, foi feita uma análise estatística para determinação do desvio padrão (S_d), afim de averiguar a confiabilidade nas resistências e nos ensaios realizados. A normativa NBR 12655 (2015) prescreve essa análise, onde a determinação do desvio padrão foi obtida através da Eq. (2).

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

Onde:

- S_d é o desvio padrão dessa amostra de n exemplares, expresso em megapascals (MPa);

- f_{cm} é resistência média dos exemplares do lote, expressa em megapascals (MPa);

Após a obtenção do desvio padrão de cada lote de ensaios, foi calculado o real valor de resistência do concreto, através da Eq. (3).

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 \times S_d \quad (3)$$

Tração por Compressão Diametral

Neste ensaio prescrito pela NBR 7222 (2011), os corpos de prova cilíndricos foram submetidos a carregamentos constantes, a uma velocidade de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s até o ponto de ruptura do corpo de prova por tração indireta ou na forma de fendimento ao longo do diâmetro vertical.

A resistência à tração por compressão diametral deve ser calculada pela Eq. (4):

$$f_{ct,sp} = \frac{2 \times F}{\pi \times d \times l} \quad (4)$$

Onde:

- $f_{ct,sp}$ é a resistência à tração por compressão diametral, expressa com três algarismos significativos, em megapascals (MPa);
- F é a força máxima obtida no ensaio, expresso em newtons (N);
- d é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm);
- l é o comprimento do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

De acordo com a NBR 6118 (2014) a resistência à tração direta, com base nos ensaios de compressão diametral, foi obtida através da Eq. (5), e para base de cálculo de projeto, na falta dos ensaios, a resistência a tração direta média foi obtida através da Eq. (6), para concretos até a classe C50. Onde f_{ct} , $f_{ct,m}$ e f_{ck} são expressos em megapascals (MPa).

$$f_{ct,m} = 0,9 \times f_{ct,sp} \quad (5)$$

$$f_{ct,m} = 0,3 \times f_{ck}^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

Tração na Flexão

Nste método de ensaio estabelecido pela NBR 12142 (2010), os CP's prismáticos foram submetidos a flexão por meio da aplicação de carregamentos nos terços do vão, continuamente e sem choques, tendo como velocidade de carregamento, valores entre 0,9 MPa/min a 1,2 MPa/min

Conforme prescrito pela norma, e como a ruptura dos CP's ocorreram dentro do terço médio do vão, a resistência à tração foi obtida através da Eq. (7):

Onde:

$$f_{ct,f} = \frac{F \times l}{b \times d^2} \quad (7)$$

- $f_{ct,f}$ é a resistência à tração na flexão, expressa em megapascals (MPa);
- F é a força máxima registrada na máquina de ensaio, expressa em newtons (N);
- l é a dimensão do vão entre os apoios, expressa em milímetros (mm);
- b é a largura média do corpo de prova, expressa em milímetros (mm);
- d é a altura média do corpo de prova, expressa em milímetros (mm);

Segundo a NBR 6118 (2014) mediante o método de ensaio de resistência à tração por flexão, a obtenção da resistência à tração direta do concreto pode ser obtida através da Eq. (8). Onde f_{ct} e $f_{ct,f}$ são expressos em megapascals (MPa).

$$f_{ct,m} = 0,7 \times f_{ct,f} \quad (8)$$

Resultados e discussões

Resultados dos Ensaios de Abatimento do Tronco de Cone

A variação entre a consistência das misturas executadas (Figura 6), se deve ao fato de que o agregado graúdo utilizado nos traços continha três tamanhos de brita distintos ($n^{\circ} 0$, $n^{\circ} 1$ e $n^{\circ} 2$), o que proporcionou às misturas uma característica de concreto bombeado, com uma fluidez maior do que a esperada. Todavia, essas

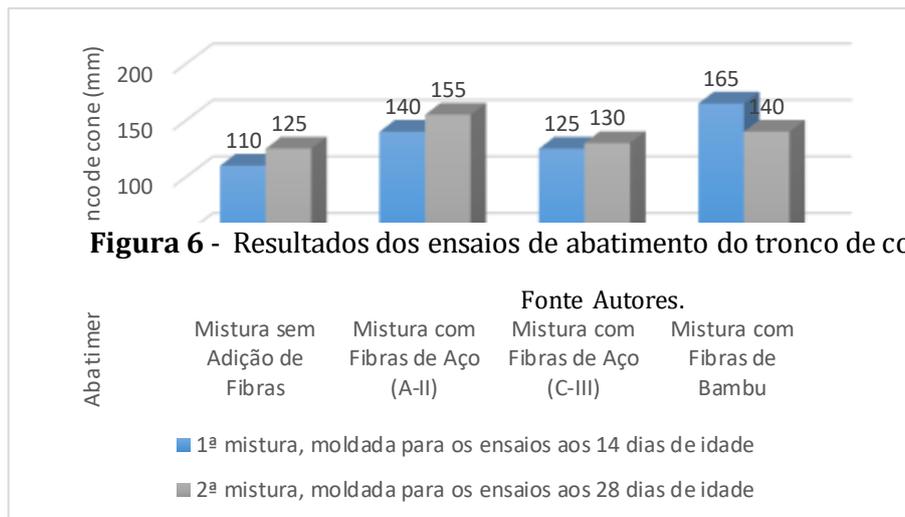


Figura 6 - Resultados dos ensaios de abatimento do tronco de cone (Slump Test).

circunstâncias de nada prejudicaram o adensamento dos corpos de prova, pois em todas as misturas se enquadrou o método de adensamento manual.

Resultados de Resistência à Compressão Axial

É interessante observar que os valores de resistência à compressão média dos corpos de prova ensaiados com os 3 tipos de adições de fibras (Figura 7), se mantiveram próximos, exceto pelos resultados em 14 dias de idade na adição de fibra A – II. Entretanto o comportamento aos 28 dias de ambas as misturas foram quase que iguais, mantendo-se com superioridade em termos de resistência quando comparados ao resultado médio do concreto sem fibras.

Outro ponto importante que deve ser ressaltado, é o fato de que o f_{cm} do concreto com adição de fibras de bambu aos 14 dias se manteve como maior valor de resistência à compressão, superando até mesmo os resultados aos 28 dias das demais misturas aqui estudadas.

Os valores de f_{ck} obtidos através dos ensaios de compressão axial e calculados conforme a orientação da NBR 12655 (2015) (Figura 8), se

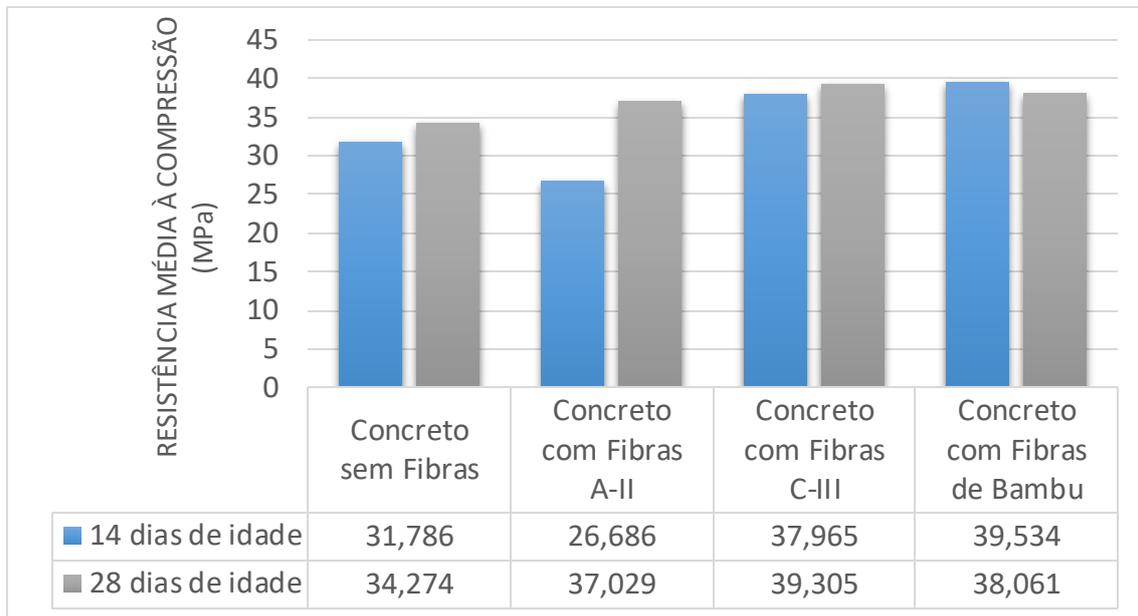


Figura 7 - Resistências médias de compressão axial aos 14 dias e 28 dias. Fonte: autores.

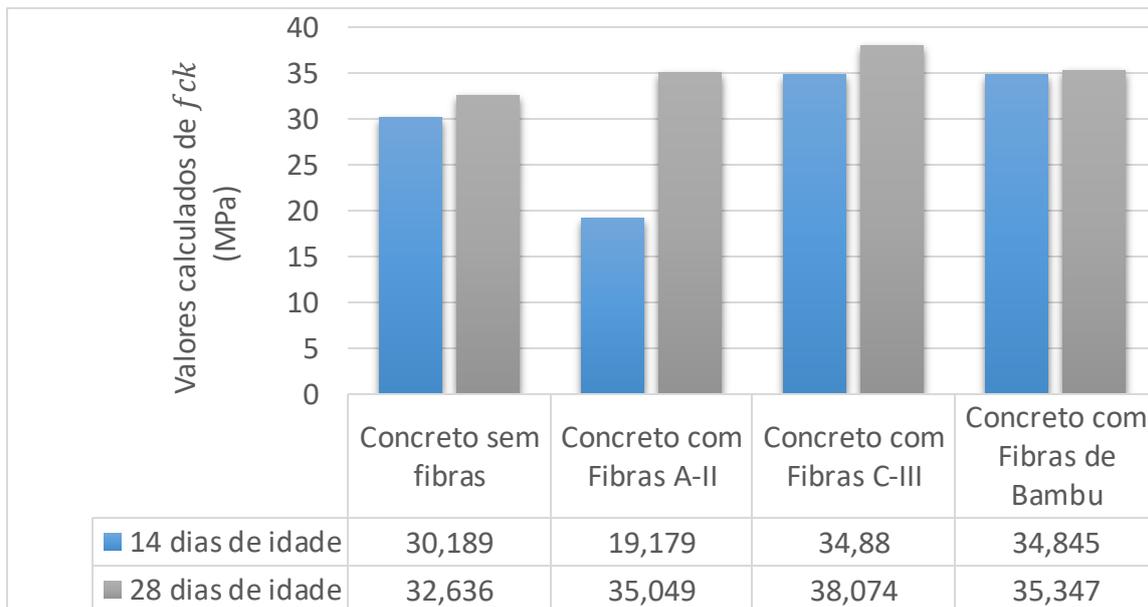


Figura 8 - Valores calculados de f_{ck} para cada tipo de composição. Fonte: autores.

estabeleceram acima do f_{ck} de projeto (25 MPa), com exceção do lote moldado com a adição de fibras do tipo A – II rompidos aos 14 dias de idade, fato este ocasionado pela diferença na amplitude entre os corpos de prova ensaiados, contribuindo para o aumento do desvio padrão (S_d), que por sua vez prejudica o valor final do f_{ck} calculado.

No caso dos resultados referentes a composição com fibras de bambu, os valores de f_{ck} se mantiveram acima do estipulado em projeto em ambas as idades (14 dias e 28 dias), ficando atrás somente dos valores calculados para a composição com adição das fibras do tipo *C – III*. A diminuição do f_{cm} no 2º Ensaio em relação ao 1º Ensaio, não influenciou o resultado final do f_{ck} , uma vez que o desvio padrão calculado aos 28 dias proporcionou um f_{ck} condizente com a idade dos CP's ensaiados, ou seja, o ganho foi proporcional (crescente) a idade dos ensaios.

Resultados de Resistência à Tração por Compressão Diametral

De forma geral, pode-se dizer que os resultados de tração direta (f_{ct}), obtidos através dos ensaios de tração por compressão diametral, nas idades de 14 dias e 28 dias entre as 4 misturas de concreto estudadas, foram considerados satisfatórios, uma vez que em todas as misturas com adição de fibras, aos 14 dias e 28 dias, obteve-se um resultado acima da média em relação aos resultados do lote referencial sem

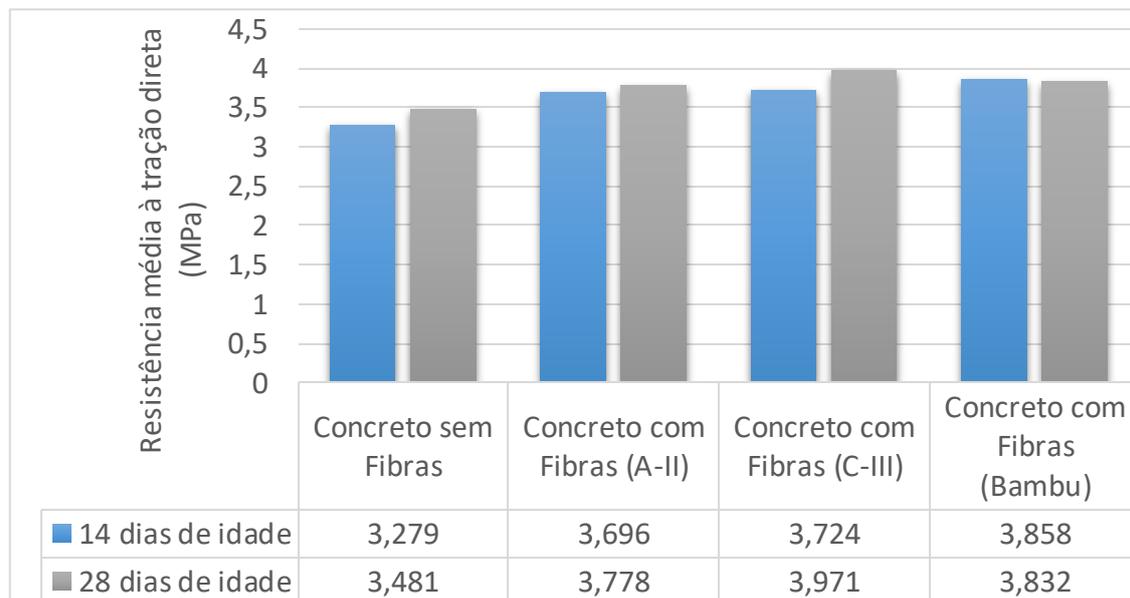


Figura 9 - Resistências médias à tração direta obtida através dos ensaios de tração por compressão diametral. Fonte: autores.

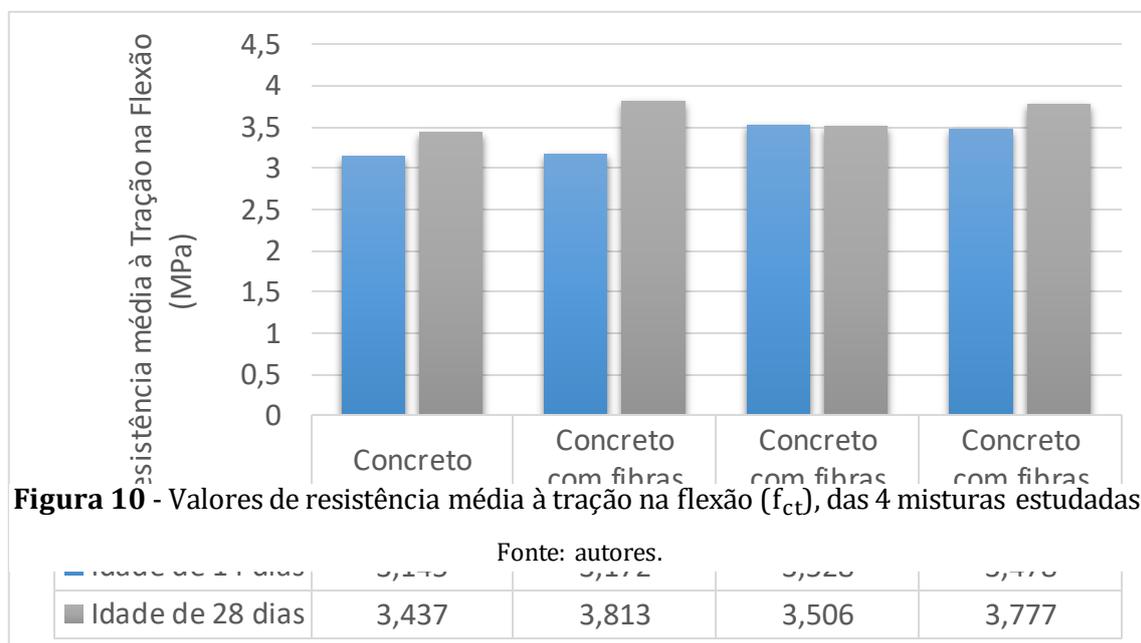
adições.

Também foi observado que os mesmos efeitos de “costura” nas fissuras, apresentados nos corpos de prova com adição das fibras de aço, foram reincidentes nos CP's com adição das fibras de bambu. Outro fato importante é que as fibras de

bambu obtiveram uma boa aderência ao concreto e aos 28 dias não apresentaram nenhum sinal de degradação devido à presença ao meio alcalino do material.

Resultados de Resistência à Tração na Flexão

Sobre os resultados de resistência à tração na flexão (Figura 10), as misturas com suas respectivas adições, se provaram satisfatórias, com a superioridade em relação ao traço sem adição de fibras. Em destaque pode-se observar o valor referente a adição de fibras *A – II* aos 28 dias, que superou todas as demais misturas, seguida pela adição de bambu que ficou bem próxima a liderança.



Assim como os outros ensaios de tração na flexão, nos CP's com adições de fibra de bambu foi observado o aumento na resistência pós-fissuração do concreto, o que comprova que o aumento da tenacidade também foi evidente. A adição das fibras também possibilitou aos CP's ensaiados o aviso prévio da ruína do elemento, uma vez que mesmo na presença de fissuras os elementos apresentaram características dúcteis, resistindo aos carregamentos aplicados.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos em laboratório e dispostos anteriormente pode-se afirmar que:

- i. Em relação a consistência das misturas executadas, o abatimento obtido foi maior do que o esperado em projeto devido a variação nos tamanhos da brita utilizada, apresentando assim uma característica de concreto bombeado. Todavia este fato de nada prejudicou o adensamento dos CP's uma vez que em todas as moldagens o método de adensamento enquadrado foi o manual. Também se denota que esse aumento na fluidez proporcionou uma ótima trabalhabilidade nas misturas de concreto com fibras, facilitando ainda o adensamento dos CP's, uma vez que a utilização destes compósitos tem forte relação com a dificuldade entre adensamento e trabalhabilidade.
- ii. Sobre os ensaios de resistência à compressão axial, pode-se observar a evolução das resistências dos concretos fibrosos quando comparados ao concreto sem fibras. Aos 14 dias as resistências à compressão já superavam a estabelecida em projeto (25 MPa) devido a utilização do CP-V ARI como aglomerante, e aos 28 dias o f_{ck} recalculado através do desvio padrão dos ensaios, também se estabeleceu superior ao de projeto. Em geral todas as misturas apresentaram um resultado satisfatório, incluindo o traço com adição de fibras de bambu que obteve resistências equiparadas aos ensaios nos traços com fibras de aço quando não superiores.
- iii. Tratando dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral e tração na flexão, ressalta-se o ganho significativo de resistência à tração em ambos os métodos de ensaios, onde os resultados de f_{ct} e $f_{ct,f}$ foram superiores ao $f_{ct,m}$ de projeto calculado para um f_{ck} de 25 MPa. Também foi nítido observar a diminuição considerável na propagação de fissuras nos CP's ensaiados, devido a atuação das fibras como ponte de transferências entre as tensões de carregamento aplicadas nos elementos. Nos ensaios destrutivos de tração diametral e tração na flexão nenhum dos CP's vieram a ruína por completo (não se dividiram), uma vez que a adição das fibras proporcionou aos concretos fibrosos uma maior tenacidade e ductilidade tendo sua ruína avisada.
- iv. Quanto aos ganhos proporcionados pelas adições de fibras de aço e bambu ao concreto, em uma visão macro, pode-se estabelecer estes como ponderações a serem consideradas nos cálculos estruturais, contribuindo

para a redução nas taxas de armaduras, o que pode acarretar na diminuição da condição de domínio das estruturas, de superarmada (domínio 4) para subarmada (domínio 3) por exemplo. Também se ressalta que a utilização das fibras venha a contribuir em uma economia maior nos materiais proporcionando o tão esperado equilíbrio entre economia e segurança, uma vez que com a presença das fibras no concreto, o elemento passa a apresentar características dúcteis e têm sua ruína avisada, como já mencionado anteriormente.

Conclui-se então que o uso das fibras vegetais de bambu como compósito alternativo ao concreto e possível substituto das fibras de aço é satisfatório e viável. Visto que em todos os ensaios realizados neste trabalho, a adição deste compósito se equiparou em termos de resistência as demais composições, quando não as superou. Seu uso se faz em uma alternativa ao desenvolvimento sustentável, visando a atender fatores ecológicos e ambientais, não abandonando os econômicos, tendo em mente que os custos em larga escala de produção para as fibras de aço seriam teoricamente mais caros que para com as fibras vegetais, cujo os processos de fabricação envolvem menores quantidades de insumos, mão de obra e energia.

Entretanto é de grande importância salientar que os resultados aqui apresentados não são na totalidade suficientes para justificar seu uso em larga escala, faz-se necessário a realização de ensaios complementares, que não foram realizados neste trabalho por limitações de tempo ou no próprio laboratório utilizado, como por exemplo os ensaios de módulo de elasticidade e tenacidade do concreto fibroso, como também ensaios de caráter investigativo sobre o comportamento das fibras vegetais no meio alcalino do concreto em uma idade de tempo avançada.

Também seria de grande importância a caráter futuro, providos com dados de ensaios complementares e pesquisas de campo, que fosse desenvolvido um levantamento dos custos de fabricação e implantação das fibras nos processos construtivos, de forma a eliminar quaisquer resquícios de dúvida quanto sua viabilidade notória.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 33: Concreto - Amostragem de concreto fresco**. Rio de Janeiro, 1998. 5p.

_____. **NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998. 8p.

_____. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

_____. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015. 9p.

_____. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018. 9p.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014. 238p.

_____. **NBR 7211: Agregados para o concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2011. 12p.

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

_____. **NBR 12142: Concreto - Determinação da resistência à tração de corpos de prova prismáticos**. Rio de Janeiro, 2010. 5p.

_____. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015. 23p.

_____. **NBR 12821: Preparação de concreto em laboratório - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2009. 5p.

_____. **NBR 15530: Fibras de aço para concreto - Especificações**. Rio de Janeiro, 2007. 7p.

CARLESSI, Andrei Scussel. **Avaliação da substituição de fibra de aço por fibra de bambu em piso de concreto não armado**. Trabalho Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2010. Disponível em: http://www.bib.unesc.net/arquivos/95000/99100/11_99130.htm.

CARVALHO, Roberto Chust. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: segundo a NBR 6118:2014** / Roberto Chust Carvalho, Jasson Rodrigues de Figueiredo Filho. 4.ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014. 415p.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues. **Concreto com fibras de aço. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia de Construção Civil II. São Paulo, 2000. 68p. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/bt_00260.pdf.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues. **Concreto reforçado com fibras**. Tese de livre docência – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2011. 248 p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-18052012-112833/pt-br.php>.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução: Ruy Alberto Cremonini. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888p.

OLIVEIRA, Carlos. A. S.; GOUVEIA, Leonardo. L. A.; TEIXEIRA, Ricardo. L. P. Concreto estrutural com adição de fibras vegetais. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 14 – 19, jul./dez. 2014. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/2762>.

OLIVEIRA, Luiz F. A. de. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. Monografia – Curso de especialização em construção civil, Escola de engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUBD-9GBPWL>.

Comparativo da eficiência de contraventamentos em um edifício estrutura em aço

Comparative efficiency of bracing in a steel structure building

Diego Rodolfo Alves ¹

Wilker Rafael Silva ¹

Cleverson Arenhart²

Avelino Aparecido Rocha²

Giuliano Mikael Tonelo Pincerato²

RESUMO

A engenharia é motivada pela busca incessante de resultados e inovações que visam otimizar produtos e processos. Na Engenharia Civil não é diferente, sempre buscando um equilíbrio entre economia e segurança. Este estudo estabelece um comparativo quantitativo entre dois modelos de estrutura em aço, um composto por perfis de vigas e pilares, e outro que compreende além destes, a introdução de subestruturas, denominadas contraventamentos, que atuam na distribuição dos esforços principalmente de tração. Sistemas de contraventamento são essenciais em determinadas estruturas, atribuindo rigidez e estabilidade frente aos esforços solicitantes, principalmente aos esforços laterais, como o que é causado pelo vento. Com o auxílio do *software* CYPE 3D v.2018, foi realizada uma simulação para uma mesma estrutura, se utilizando de duas formas de dimensionamento, resultando em relatórios que se apresentam para comparação entre os materiais utilizados nos dois modelos. Por meio destes, foi possível verificar a redução em massa de material utilizado em algum dos perfis, e em outros o melhor aproveitamento, além do melhoramento frente a sua estabilidade global. Conclui-se que os contraventamentos atribuem de diversas maneiras com a estrutura.

Palavras-Chave: contraventamento, estabilidade global, estrutura metálica.

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

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

ABSTRACT

Engineering is motivated by the incessant search for results and innovations that aim to optimize products and processes. In Civil Engineering is no different, always seeking a balance between economy and safety. This study establishes a quantitative comparison between two models of steel structure, one made up of profiles of beams and pillars, and another that includes addition of these, the introduction of substructures, called bracings, that act in the distribution of the efforts mainly of traction. Bracing systems are essential in certain structures, assigning rigidity and stability to the applicant efforts, especially to lateral stresses, such as that caused by wind. With the help of CYPE 3D software v.2018, a simulation was performed for the same structure, using two forms of sizing, resulting in reports that are presented for comparison between the materials used in the two models. By means of these, it was possible to verify the reduction in mass of material used in some of the profiles, and in others the better use, besides the improvement against its global stability. It can be concluded that the bracings are attributed in different ways to the structure.

Key-words: bracing, stability global, steal structure.

Introdução

Quando se fala em estruturas em aço, é preciso mencionar como esse material ganhou destaque e foi amplamente introduzido na construção civil.

O aço é um material conhecido pela humanidade desde a antiguidade, mas era pouco usado devido à falta de um processo industrial de fabricação. Em 1864, foi desenvolvido um forno com alta capacidade de produção e desde então, os ferros fundido e o forjado foram substituídos na construção (PFEIL, 2009), a Figura 1 ilustra o esquema de alto forno para produção de aço.

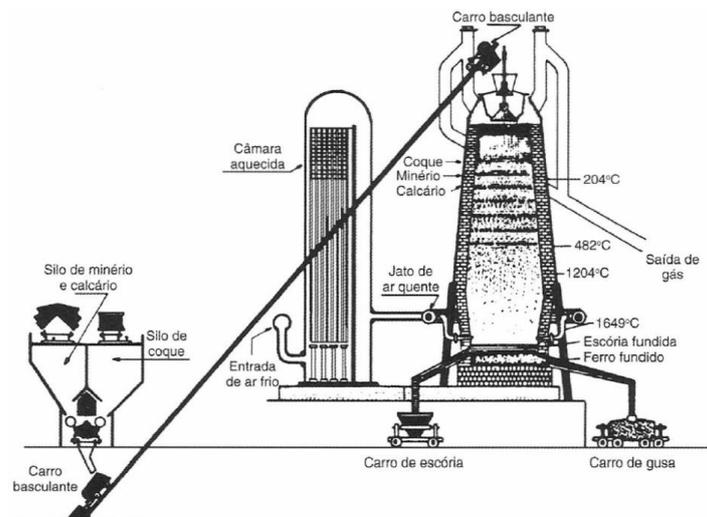


Figura 1: Esquema de produção de ferro gusa. Fonte: PFEIL (2009).

Quando se estuda estruturas de aço no Brasil, o primeiro edifício é construído é do ano de 1954 na cidade de São Paulo, uma garagem vertical com 16 andares, que teria sido construído em concreto se as limitações do material e do terreno não tivessem tornado a execução inviável. No Garagem América foi utilizada uma tecnologia jamais empregada no país, um verdadeiro desafio. Atualmente no Brasil existem alguns empreendimentos em construção que ultrapassam a marca dos 200m de altura (Portal Metálica), ilustrado na Figura 2, o edifício Garagem América.



Figura 2 : Edifício Garagem América. Fonte: SÃO PAULO CITY (2017).

Os ventos são ações variáveis que indispensavelmente devem ser consideradas nos cálculos para dimensionamento de edifícios, colocando em risco a estabilidade da estrutura caso seja negligenciado. A norma brasileira que determina como devem ser consideradas as forças derivadas da ação dos ventos é a NBR 6123 (1988). Nos edifícios em estruturas de aço, a ação dos ventos é elevada quando comparada ao peso próprio e as sobrecargas de utilização, ficando assim evidente a importância da sua consideração.

Os deslocamentos horizontais causados pela ação dos ventos atuam diretamente nas estruturas, motivo pelo qual foi desenvolvido este estudo. Foram estudados aqui os benefícios atribuídos aos contraventamentos nas estruturas de aço. Estas subestruturas tem a função de melhorar a estabilidade global dos edifícios e podem ser executadas de diversas formas.

Materiais e métodos

Materiais

Foi desenvolvido um projeto arquitetônico para execução do projeto estrutural, e com base nele, desenvolveu-se o esquema estrutural que será comparado aqui. A otimização dos materiais é uma busca incessante da engenharia, neste caso não é diferente, no decorrer dos estudos foi apresentado um comparativo da estrutura, sendo padronizado o agrupamento dos perfis para as duas estruturas. Utiliza-se para cada pavimento uma padronização dos perfis utilizados nas vigas consideradas primárias, separados dos perfis que sustentam diretamente o piso do pavimento, um terceiro agrupamento ainda é composto por pilares, que por sua vez é distinto aos perfis utilizados na escada. Existem ainda mais dois outros agrupamentos, localizados na cobertura, separados em barras horizontais e barras verticais.

O projeto arquitetônico apresenta um edifício com pavimento térreo e três pavimentos tipo, totalizando uma construção de $397,30 \text{ m}^2$ de acordo com figura III, onde se apresenta do pavimento térreo, na qual é constituído por salas comerciais ou do tipo reunião, *hall* para acesso e figura XIII onde ilustra o pavimento tipo, na qual se estenderá ao de nível superior, possuindo salas comerciais, *hall* de acesso, banheiro, escada e poço de elevador.

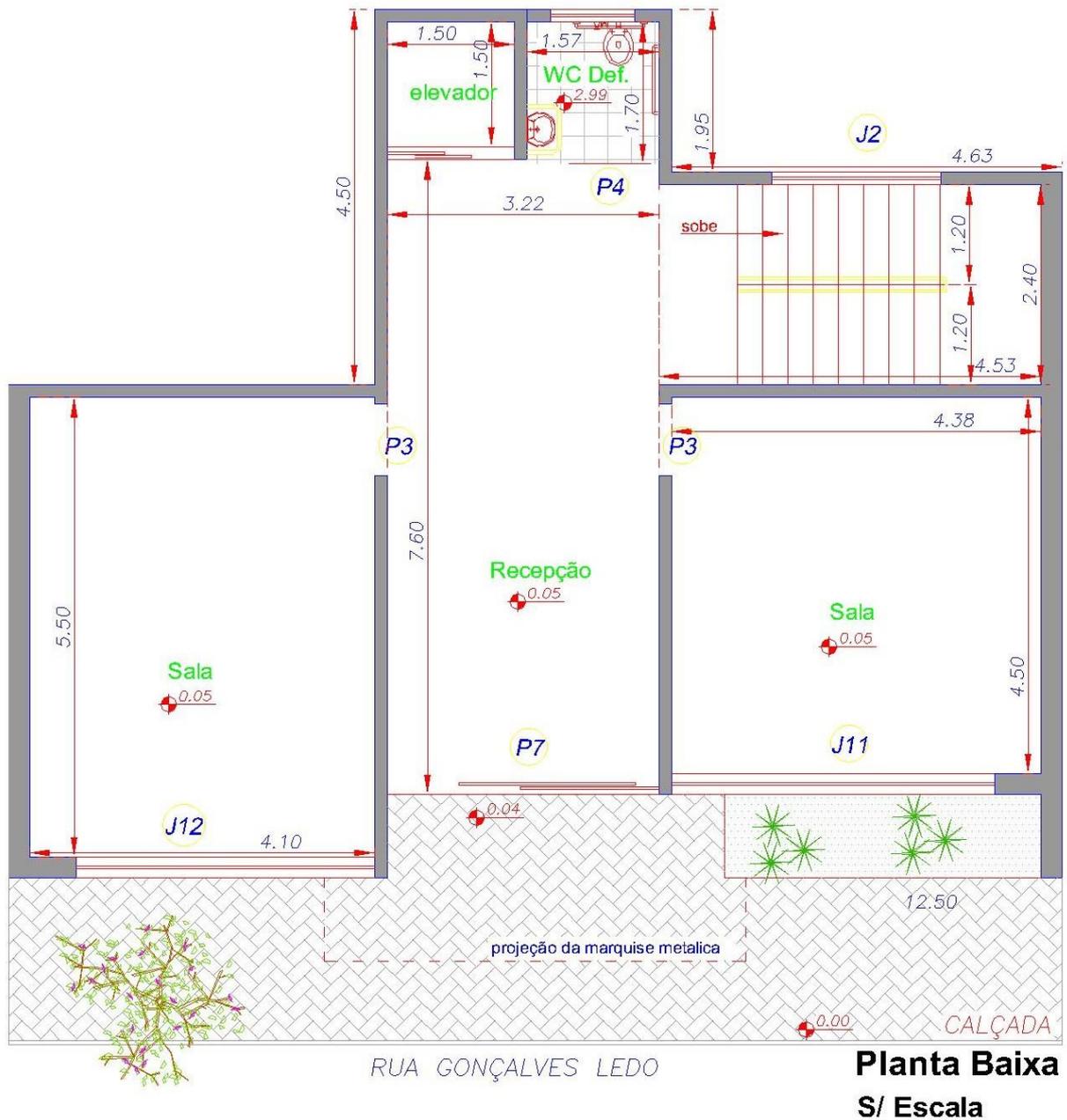


Figura 3 – Planta baixa de pavimento térreo. Fonte: autores.

Levantamento das ações

As ações consideradas para o cálculo desta estrutura foram extraídas das NBR's 6120 (1980), 6123 (1988) e 8800 (2008) e catálogos de fabricantes. Ações estas que são descritas como carregamentos permanentes, sobrecargas e ações variáveis.

As Tabelas 1, 2, 3 e 4 ilustram as cargas elencadas e introduzidas na estrutura para que fosse possível o dimensionamento e verificação da mesma.

Tabela 1 – Carregamentos permanentes nos pavimentos tipo.

CARREGAMENTOS PERMANENTES	BASE DE DADOS	CARGA
Lajes em painéis Wall 40mm de espessura	Etenit (2018) ETN 381, p. 4	0,32 kN/m ²
Piso laminado vinílico	Durafloor (2017)	0,10 kN/m ²
Foro em gesso drywall 12,5mm espessura	Gypsum (2018) p. 4	0,15 kN/m ²
Escada	Fonte própria	3,6 kN/m
Alvenaria externa em blocos cerâmico furado, com revestimento em argamassa.	NBR 6120 (1980), p. 2	6,0 kN/m
Alvenaria em gesso acartonado (espessura de 0,15m e altura de 2,80m)	Gypsum (2018), p. 1 NBR 6120 (1980), p. 1	1,0 kN/m ²
Regularização de piso em argamassa de areia e cimento com espessura de 2,00cm	NBR 6120 (1980), p. 2	0,42 kN/m ²

Fonte: autores.

Tabela 2 – Carregamentos permanentes para cobertura.

CARREGAMENTOS PERMANENTES	BASE DE DADOS	CARGA
Telhas do tipo termoacústicas trapezoidal 40mm espessura com EPS	Ananda Metais (2018 Cat. Telhas, p. 10)	0,18 kN/m ²
Alvenaria de platibanda em blocos cerâmico furado (altura de 1,50m), com revestimento em argamassa	NBR 6120 (1980, p. 2)	3,0 kN/m
Alvenaria do reservatório, fechamento em blocos cerâmico furado (altura de 3,00m), com revestimento em argamassa.	NBR 6120 (1980, p. 2)	6,0 kN/m
Estrutura cobertura	Paloma Louzada (UFMG, 2013, p. 2)	0,17 kN/m ²

Fonte: autores.

Tabela 3 – Carregamentos variáveis.

CARREGAMENTOS VARIÁVEIS	BASE DE DADOS	CARGA
Escritórios e banheiros	NBR 6120 (1980), p. 2	2,0 kN/m ²
Corredores com acesso ao público	NBR 6120 (1980), p. 2	3,0 kN/m ²
Escadas com acesso ao público	NBR 6120 (1980), p. 2	3,0 kN/m ²
Forros sem acesso a pessoas	NBR 6120 (1980), p. 2	0,5 kN/m ²
Reservatório 2.500 l	Fortlev (2018), FO 011_17 cat. p. 6	3,0 kN/m ²
Cobertura	NBR 8800 (2008) Anexo B p.11 2	0,25 kN/m ²
Elevador	Catálogo Otis (2016)	25,0 kN/m ²

Fonte: autores.

Tabela 4 – Pressão dos ventos (q).

PAVIMENTO	COTA (m)	PRESSÃO q (kN/m ²)
Térreo	3,00	0,68
1º Pavimento	6,00	0,78
2º Pavimento	9,00	0,85
3º Pavimento	12,00	0,90
Cobertura	15,00	0,94

Fonte: autores.

Lançamento da estrutura

Como ferramenta para o cálculo da estrutura, se fez do uso do *Software* licenciado CYPE 3D v. 2018, desenvolvido pela empresa espanhola CYPE Ingenieros S.A, certificada pela ISO 9001 (2015), atualmente é uma das líderes no mercado de desenvolvimento de softwares destinados a engenharia.

Por se tratar de uma ferramenta de cálculo de diversos materiais além do aço, o mesmo possibilita a introdução e a verificação das normas que estão sendo utilizadas, a escolha do material a ser utilizado através de uma ampla biblioteca, bem como a escolha de parâmetro para o dimensionamento, conforme Figura 4 e 5.

Obra vazia

Normas: ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 14762: 2010, ABNT NBR 8800:2008, NBR 7190 e Eurocódigo 9

Perfis

Aço laminado: A-572 345MPa
 Aço dobrado: CF-26
 Madeira: Serrada - Coníferas - C20
 Alumínio: EN AW-5083 - F
 Concreto: C20, em geral

Concreto armado

Betão para pilares: C20, em geral
 Betão para vigas de laje: C20, em geral
 Betão para elementos de fundação: C20, em geral
 Aço de varões: CA-50 e CA-60
 Características do agregado: Granito (15 mm), 30 mm

Ações

Com sismo dinâmico

Resistência ao fogo
 Estados limites (combinações)
 Hipóteses adicionais
 Fundação
 Processo construtivo

Opções

Pilares: Fundação
 Vigas: Ligações

Terreno de fundação

Verificar deslizamento de sapatas

Aderência (a'): 0.000 kgf/cm²
 Ângulo de atrito terreno-sapata (d'): 25.00 graus
 Combinações fundamentais: 2.00 kgf/cm²
 Combinações sísmicas e acidentais: 3.00 kgf/cm²

Ambiente

Vigas: CAA I
 Blocos: CAA I

Cancelar < Anterior Seguinte > Terminar

Figura 4 – Verificação das normas e perfis. Fonte: autores.

Estados limites

Concreto: ABNT NBR 6118:2014
Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014
E.L.U. Aço dobrado: ABNT NBR 14762: 2010
E.L.U. Aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
E.L.U. Madeira: NBR 7190

E.L.U. Alumínio: Eurocódigo 9

Neve: Altitude inferior ou igual a 1000 m

Tensões sobre o terreno
 Ações características

Deslocamentos
 Ações características

Configurar combinações para cada estado limite

Aceitar Cancelar

Figura 5 – Verificação das normas e perfis. Fonte: autores.

Por meio de uma interface de entrada de dados gráficos, onde foi lançada a estrutura, graças à sua compatibilidade com arquivos em formato dwg e dxf, interface essa que também permite a criação de pórticos em sua própria área de trabalho, por meio de barras ou cotas, formando-se assim a estrutura. Foram estipuladas as vinculações necessárias, introduziu-se as cargas conforme apresentadas na Figura 6.

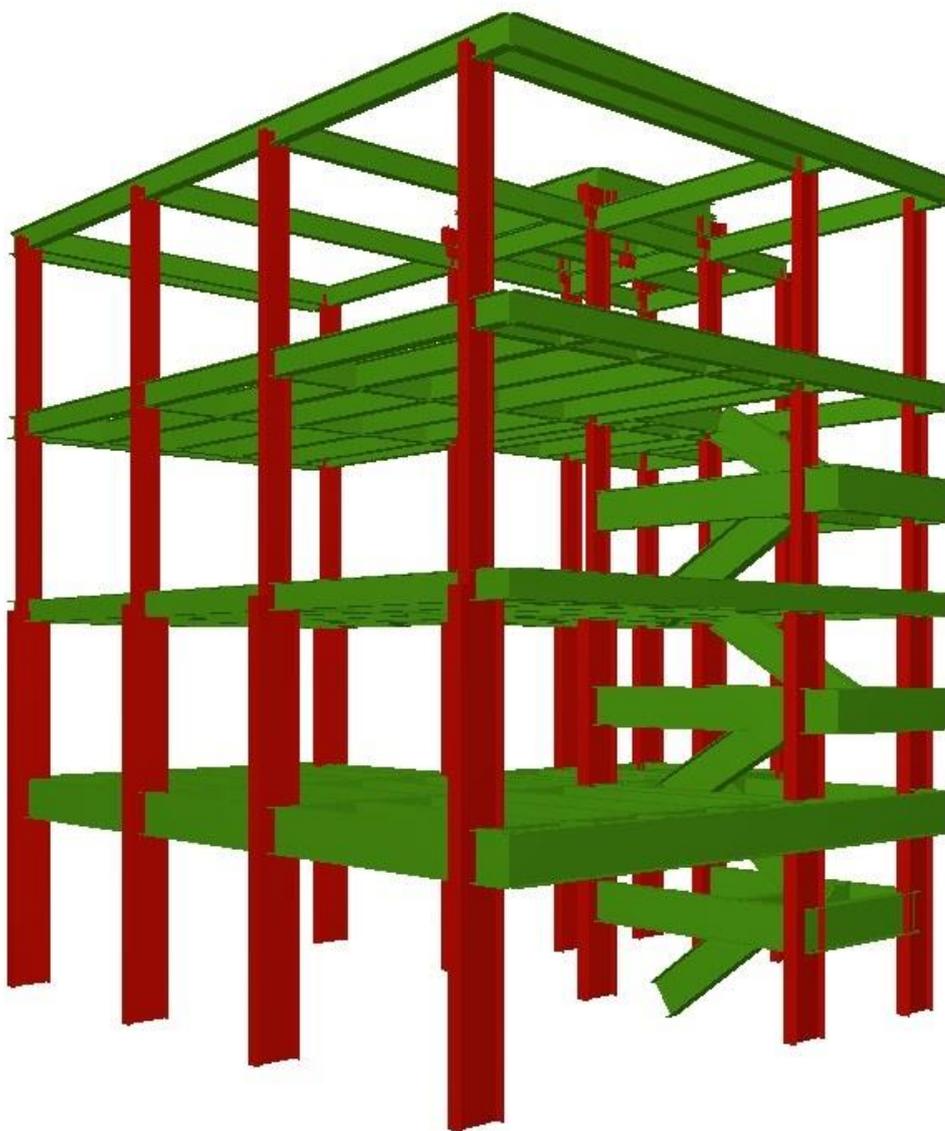


Figura 6 – Lançamento da estrutura e verificação. Fonte: autores.

Todas as ligações da estrutura foram consideradas engastadas, incluindo as fundações. Sabe-se que as ligações engastadas transmitem integralmente os esforços das vigas aos pilares. Uma vez que impede o giro nas barras, os esforços são transmitidos e distribuídos igualmente entre os pilares.

Caso 1

Após o lançamento da estrutura, se iniciou o caso 1, onde as análises iniciais sobre a estrutura foram executadas. Foi feito o pré-dimensionamento dos perfis, logo após, foram iniciadas as verificações executadas pelo *software*, que leva em consideração parâmetros estáticos e dinâmicos.

Ao final do pré-dimensionamento foram analisados os resultados, donde diversas alterações nos perfis foram realizadas, com a finalidade de atender as solicitações da estrutura. O dimensionamento é possível após o processamento dos dados pelo computador, que informa as divergências e não atendimento das solicitações nos perfis previamente selecionados, conforme mostra as Figuras 7 e 8.

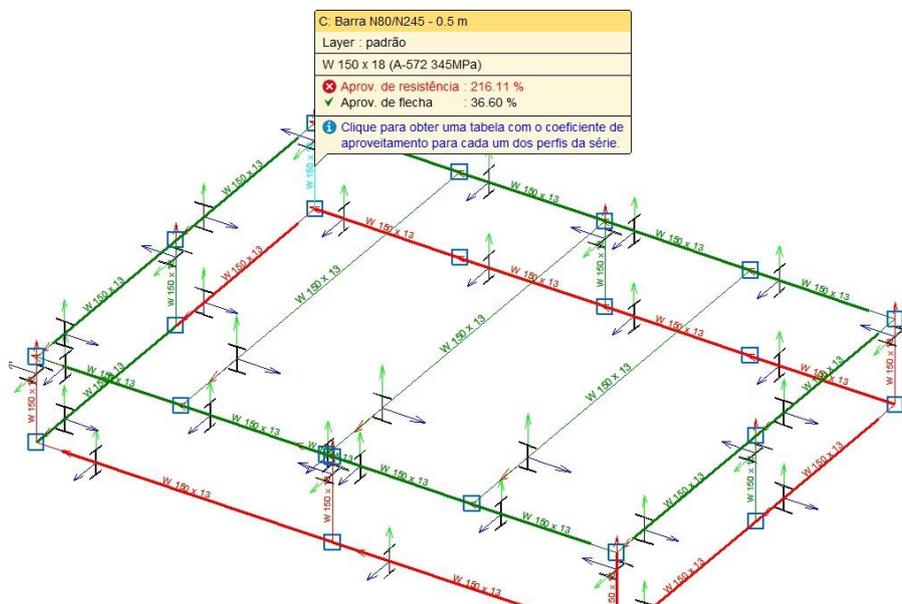


Figura 7 – Estrutura em processo de verificação. Fonte: autores.

Perfil	Peso	Resistência	Flecha
✗ W 150 x 13	13.03	194.44 %	373.18 %
✗ W 150 x 18	18.37	129.38 %	252.36 %
✗ W 150 x 24.0	24.73	91.23 %	171.22 %
✗ W 200 x 15	15.23	135.04 %	181.58 %
✗ W 200 x 19.3	19.70	96.49 %	140.55 %
✗ W 200 x 22.5	22.77	81.03 %	116.79 %
✓ W 200 x 26.6	26.85	64.38 %	90.76 %
✓ W 200 x 31.3	31.64	53.38 %	74.80 %
✗ W 250 x 17.9	18.13	99.77 %	103.43 %
✓ W 250 x 22.3	22.69	69.82 %	80.63 %
✓ W 250 x 25.3	25.59	59.95 %	68.23 %
✓ W 250 x 28.4	28.73	52.10 %	58.57 %
✓ W 250 x 32.7	33.05	42.69 %	48.00 %
✓ W 250 x 38.5	38.94	36.78 %	39.12 %
✓ W 250 x 44.8	45.22	30.81 %	33.11 %
✓ W 310 x 21	21.35	82.07 %	62.76 %
✓ W 310 x 23.8	24.10	57.01 %	54.53 %
✓ W 310 x 28.3	28.65	45.84 %	43.08 %
✓ W 310 x 32.7	33.05	38.84 %	36.07 %

Significado dos ícones

- ✗ Perfil que não cumpre alguma verificação.
- ✓ Perfil que cumpre todas as verificações.

Aceitar Cancelar

Figura 8 – Processo de dimensionamento dos perfis. Fonte: autores.

Com as informações referentes à resistência e flecha suportados por cada perfil, conforme fornecido pela figura acima, foram substituídos os perfis que não atendam as solicitações por outro atenda os parâmetros indicado. Solicita-se ao *software* um novo processo de cálculo, pois cada perfil alterado influencia no comportamento dos demais. Após várias alterações e reprocessamento dos dados, se obtém a estrutura do edifício, dimensionada em estrutura metálica.

Caso 2

Com intenção de diminuir os deslocamentos horizontais, são inseridos tirantes na estrutura, que tem por finalidade distribuir os esforços de tração, diminuindo os deslocamentos laterais, provenientes das ações cuja estrutura é submetida, principalmente pela ação dos ventos.

Com a introdução das barras de contraventamento, se fez dos processos de cálculos e verificações conforme realizados no caso I, alterando-se as barras e reprocessando o software até que fosse verificado o atendimento de todas as barras às solicitações dos esforços verificando os melhores rendimentos dos perfis, conforme ilustra como estrutura na Figura 9.

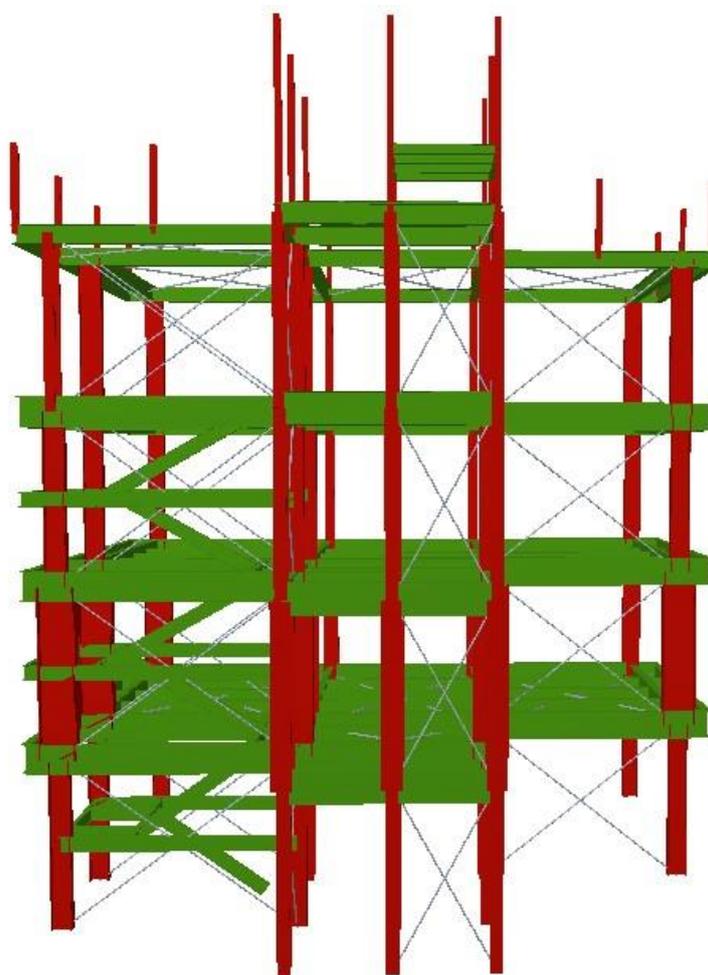


Figura 9 – Estrutura contraventada. Fonte: própria.

Resultados e discussões

Ficou evidente que as escolhas adotadas no lançamento da estrutura influenciam diretamente os resultados, mostrando que é necessária uma análise detalhada da estrutura, quando se trata de um projeto que realmente será executado, a fim de se extrair o máximo rendimento dos materiais. Como o presente estudo tem finalidade acadêmica, optou-se por padronizar certos parâmetros para que se observar exclusivamente o comportamento do contraventamento introduzido na estrutura, sem alterar por exemplo as ligações.

Para que se desenvolva o comparativo, apresentamos nas Tabelas 5 e 6, estas fornecidas pelo *software* com o resumo final do quantitativo de aço utilizado em cada um dos casos estudados.

Tabela 5 – Consumo de aço (Caso 1).

Tabela resumo												
Material		Série	Perfil	Comprimento			Volume			Peso		
Tipo	Designação			Perfil (m)	Série (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Série (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Série (kg)	Material (kg)
Aço laminado	A-572 345MPa	I	W 530 x 72	86.320			0.791			6206.93		
			W 200 x 31.3	245.051			0.988			7752.31		
			W 460 x 97.0	45.000			0.555			4359.11		
			W 310 x 44.5	81.820			0.468			3673.88		
			W 150 x 13	9.600			0.016			125.10		
			W 530 x 66	172.640			1.443			11329.67		
			W 610 x 174	45.000			1.003			7870.41		
			W 530 x 101.0	45.000			0.585			4592.25		
			W 360 x 64	45.000			0.368			2886.05		
			W 150 x 24.0	40.000			0.126			989.10		
			W 250 x 17.9	22.340			0.052			405.10		
				837.771			6.394		50189.91			
					837.771			6.394			50189.91	

Fonte: autores.

Tabela 7 – Característica do material (Caso 1).

Características mecânicas									
Material		Ref.	Descrição	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designação								
Aço laminado	A-572 345MPa	1	W 530 x 72, (I)	91.60	33.84	40.68	39969.00	1615.00	33.41
		2	W 200 x 31.3, (I)	40.30	20.50	10.92	3168.00	410.00	12.59
		3	W 460 x 97.0, (I)	123.40	55.00	43.91	44658.00	2283.00	115.05
		4	W 310 x 44.5, (I)	57.20	27.89	17.26	9997.00	855.00	19.90
		5	W 150 x 13, (I)	16.60	7.35	5.35	635.00	82.00	1.72
		6	W 530 x 66, (I)	83.60	28.22	40.23	34971.00	857.00	31.52
		7	W 610 x 174, (I)	222.80	105.30	72.17	147754.00	12374.00	286.88
		8	W 530 x 101.0, (I)	130.00	54.81	49.27	62198.00	2693.00	106.04
		9	W 360 x 64, (I)	81.70	41.11	22.18	17890.00	1885.00	44.57
		10	W 150 x 24.0, (I)	31.50	15.76	8.28	1384.00	183.00	11.08
		11	W 250 x 17.9, (I)	23.10	8.03	10.39	2291.00	91.00	2.54

Notação:
 Ref.: Referência
 A: Área da seção transversal
 Avy: Área de esforço cortante da seção segundo o eixo local 'Y'
 Avz: Área de esforço cortante da seção segundo o eixo local 'Z'
 Iyy: Inércia da seção em torno do eixo local 'Y'
 Izz: Inércia da seção em torno do eixo local 'Z'
 It: Inércia à torção
 As características mecânicas das peças correspondem à seção no ponto médio das mesmas.

Fonte: autores.

Tabela 8 – Característica do material (Caso 2).

Características mecânicas									
Material		Ref.	Descrição	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designação								
Aço laminado	A-572 345MPa	1	W 530 x 66, (I)	83.60	28.22	40.23	34971.00	857.00	31.52
		2	W 250 x 22.3, (I)	28.90	10.56	12.54	2939.00	123.00	4.77
		3	W 360 x 72, (I)	91.30	46.21	24.75	20169.00	2140.00	61.18
		4	W 310 x 44.5, (I)	57.20	27.89	17.26	9997.00	855.00	19.90
		5	W 150 x 13, (I)	16.60	7.35	5.35	635.00	82.00	1.72
		6	W 610 x 174, (I)	222.80	105.30	72.17	147754.00	12374.00	286.88
		7	W 360 x 79, (I)	101.20	51.66	27.11	22713.00	2416.00	82.41
		8	W 410 x 60, (I)	76.20	34.18	26.43	21707.00	1205.00	33.78
		9	W 150 x 18, (I)	23.40	10.86	7.25	939.00	126.00	4.34
		10	R 10, (R)	0.79	0.71	0.71	0.05	0.05	0.10

Notação:
 Ref.: Referência
 A: Área da seção transversal
 Avy: Área de esforço cortante da seção segundo o eixo local 'Y'
 Avz: Área de esforço cortante da seção segundo o eixo local 'Z'
 Iyy: Inércia da seção em torno do eixo local 'Y'
 Izz: Inércia da seção em torno do eixo local 'Z'
 It: Inércia à torção
 As características mecânicas das peças correspondem à seção no ponto médio das mesmas.

Fonte: autores.

Quando analisadas as vigas secundárias da estrutura dos pavimentos, nota-se que o perfil sofre variação em sua altura, de **200 mm** na estrutura sem contraventamento para **250 mm** na estrutura contraventada, porém quando o peso é verificado, se observa uma redução de aproximadamente **28,7%**. Essa redução é possível, porque apesar das diferenças em dimensão e peso dos perfis, a inércia pouco se difere entre os perfis.

Conclusões

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu por meio de estudo de técnicas de dimensionamento de uma mesma estrutura em aço, com a finalidade de se transparecer com melhores soluções para a estrutura. A utilização de meios computacionais com finalidade de soluções mais precisas se faz a importância de conhecimentos normativos e de dimensionamentos, uma vez que o *software* se faz pelas premissas da mesma, porém são solicitadas informações para o processamento que somente através de seus domínios são corretamente inseridos. Com base nos dados obtidos através do *software* CYPE 3D v. 2018, foi possível observar uma otimização da estrutura contraventada, reduzindo a seção e peso de alguns perfis, e em outros houve um melhor aproveitamento de suas características mecânicas.

Observou-se no decorrer do estudo o quão grande é a importância da compatibilização do projeto arquitetônico para com o estrutural e não mencionado, porém de grande importância é a relação com os outros como, elétrico e hidráulico, pois através de compatibilizações se obtém soluções mais favoráveis à estrutura. Onde no trabalho em estudo, não se fez de contraventamento em outros pontos da estrutura devido ao projeto e condições não possibilitarem estas escolhas que poderiam melhorar ainda mais os resultados.

Portanto, conclui-se que a utilização de sistemas de contraventamento em estruturas metálicas se mostra como opção favorável, proporcionando maior estabilidade, aumento de rigidez, melhor aproveitamento e rendimento dos materiais, além de proporcionar redução econômica maior que 10% no custo do material. Apresentando para este trabalho resultados satisfatórios do ponto de vista acadêmico.

Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ANANDA. **Catálogo Técnico**. Disponível em: <<http://www.anandametais.com.br/wp-content/uploads/2014/11/.pdf>>. Acesso em: 02 de out. de 2018.

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

CARNEIRO, F.; MARTINS, J.G. **Análise de estruturas. Contraventamento de edifícios**. 1.ed. São Paulo, 2008.

CYPECAD. **CYPE 3D software**. Disponível em: <http://servicos.topinformatica.pt/fich/manuaiscype/CYPE_3D_Manual_do_Utilizador.pdf>. Acesso em: 10 de out. de 2018.

DURAFLOOR. **Piso laminado vinílico**. Disponível em: <<https://www.duratexmadeira.com.br/wp-content/uploads/2017/08/catalogo- pisos-e-rodapes-durafloor-2017.pdf>>. Acesso em: 15 de set. de 2018.

ETERNIT. **Painél Wall**. Disponível em: <<https://www.etsnit.com.br/downloads/ETN-381-Catálogo-Técnico-Painel-WallWeb.pdf>>. Acesso em: 15 de set. de 2018.

FABRIZZI, M.A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço-concreto.** 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FRANCA, M.P.A. **Estudo da eficiência dos contraventamentos treliçados em edifícios com estrutura de aço.** 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

FORTLEV. **Caixas d'água.** Disponível em: <<https://www.fortlev.com.br/uploads/2015/03/Guia-de-Instalação-Tanque-Fortplus.pdf>>. Acesso em: 05 de set. de 2018.

GYPSUM. **Dry wall.** Disponível em: <<https://www.gypsum.com.br/pt-pt/produto-e-sistema-drywall>>. Acesso em: 19 de set. de 2018.

LOUZADA, P.R. **Cálculo e dimensionamento de um edifício de pequeno porte em estrutura de aço.** 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2013.

MARASCHIN. M. **Projeto estrutural de edifício comercial multipavimentos: Elaboração empregando aço.** 2014. Trabalho de conclusão de curso (Diplomação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

Norma Técnica Sabesp. **NTS 181:2012 rev.3 – Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação.** São Paulo, SABESP, 2012.

OTIS. **Elevador.** Disponível em: <<https://www.otis.com/otis/pt/br/contentimages/Gen2.pdf>>. Acesso em: 15 de set. de 2018.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço: dimensionamento prático de acordo com a NBR8800:2008.8.ed.** Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PIGNATTA, V. **Dimensionamento de estruturas de aço. Apostila PEF 2402. Estruturas metálicas e de madeira.** 2012. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2012.

PINHEIRO, Antonio C. F. B. **Estruturas Metálicas.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

Estudo de viabilidade na execução de uma construção de alvenaria estrutural ou parede de concreto para edificação multifamiliar

Study of viability in execution a construction in structural masonry or concrete wall to family building

Daniele Piacente Rosato¹

Douglas Piacente Rosato¹

Marcos Vinicius Roldão Wandekin¹

André Luís Gamino²

Ágatha Stela de Moraes²

RESUMO

Durante a concepção de um projeto de uma edificação, podem-se citar diferentes métodos construtivos. A escolha adequada se dá em função da sua utilização, custos e recursos que serão utilizados na obra. A estrutura é o que garante a integridade física do edifício, suportando todas as cargas atuantes, transmitindo-as para as fundações. O presente trabalho fez um estudo de caso de dois condomínios residenciais multifamiliares em Birigui/SP, executado pela construtora MRV Engenharia, que se distinguem apenas pelo sistema construtivo empregado, um construído em alvenaria estrutural e o outro em parede de concreto moldadas no local. Foram apresentadas as características de cada método construtivo, com suas vantagens e desvantagens. Através da análise de orçamentos de execução pertinentes a cada sistema construtivo, foi realizado um comparativo de viabilidade econômica, mostrando que a parede de concreto é mais vantajosa economicamente e leva um menor tempo de execução do que a alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural; Parede de concreto; Comparativo; Viabilidade econômica; Métodos construtivos.

ABSTRACT

During realization to edification project, it can be mention different constructive methods. The right choice gives in function of utility, resources and expensive that will used in the construction. Structure is that assure the physical integrity of the building, supporting all the active charges, transmitting them to foundations. The present work did a study case between two townhouse in Birigui/SP, accomplished by Construction Company MRV Engineering, where they differ only to system employed, being one built in structural masonry other by concrete wall molded in local. Will present the particulars from each building system, where there having information about them, herewith advantages and disadvantages. Through analyse execution budgets, were compared the economic viability, showing that the concrete wall is beneficial economically and what takes a shorter runtime.

Key-words: Structural masonry; Concrete wall; Comparative; Economic viability; Constructive methods.

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

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

Introdução

Durante décadas, averigua uma constante evolução na construção civil diariamente, a procura por técnicas construtivas cada vez mais rápidas e econômicas, junto a materiais de fácil manuseio, atendendo o mesmo desempenho e esforços solicitantes da estrutura. Segundo Fonseca (2010), o concreto é o produto mais consumido do mundo, perdendo apenas para a água. Utiliza-se cada vez mais, devido a demanda da construção civil não parar de crescer, sendo um material de fácil moldagem, que pode assumir diversas formas, seja elas simples ou mais complexas, suprimindo sempre as necessidades impostas pela sociedade.

No Brasil o concreto armado começou a ser utilizado na metade do século XVIII, com as primeiras construções de casas de habitação, atualmente tem predominância em todo e qualquer tipo de construção.

Um dos principais fatores da alavancagem na construção civil foi Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) lançado em março de 2009 pelo Governo Federal em parceria com estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos para permitir o acesso à casa própria para famílias de renda baixa e média (SIENGE, 2017). O PMCMV veio para tentar sanar um problema antigo do país, o déficit habitacional que sempre foi alto no Brasil. Levantamento feito pelo Secovi-SP em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV) estima-se que, entre 2015 e 2025, o Brasil precisa construir 14,5 milhões de novos domicílios para suprir o déficit por moradia (AMARY, 2017).

Com a Construção Civil em constante desenvolvimento, e para as empresas manter a competitividade no mercado, buscam por métodos construtivos que possuam rapidez de execução, conforto e baixo custo; nesses aspectos, o tipo de estrutura a ser utilizada é muito importante.

Este estudo faz um comparativo entre dois sistemas de vedações autoportantes utilizados no Brasil, comparando duas obras que se diferem pelo sistema construtivo; uma feita com alvenaria estrutural em blocos de concreto e o outro com paredes de concreto armado moldadas “in loco” com formas de alumínio. Sistemas utilizados pelas grandes construtoras devido a rapidez, o baixo custo e execução facilitada, mostrando a viabilidade de execução e o tempo que cada uma traz, assim atendendo o avanço construtivo relacionado ao PMCMV.

A execução por meio de parede de concreto é recomendada para obras que possuem construções padrões e alta repetitividade, como é o caso do PMCMV, agilizando-se assim o processo construtivo.

O fortalecimento nos estudos desse método começou em 2007 pelo grupo parede de concreto abrigado na ABCP, com a demanda de construções de casas para o PMCMV, onde viu-se nele um método construtivo que atendia as necessidades, se consolidando como um método alternativo para atender essa demanda (ANAUTE, 2012). Trata-se da moldagem “*in loco*” dos elementos estruturais (estrutura e vedação) formando uma estrutura com grande resistência. Todas as paredes e lajes são moldadas em uma única etapa permitindo que a concretagem na obra ocorra de forma simultânea, e que após a retirada das formas, as paredes já contenham em seu interior todos os elementos embutidos: Segundo Serbonchini (2013) é um dos sistemas que vem ganhando a preferência das construtoras de todo o país, pela sua agilidade e baixa mão de obra. Em contrapartida há limitações em relação ao seu uso, pelo fato de suas formas conterem um custo elevado, podendo-se como alternativa optar por alugar para aquela determinada obra, ou então adquiri-las onde seu reaproveitamento é alto podendo ser usada diversas vezes.

Alvenaria estrutural é um processo construtivo onde sua principal característica é as paredes serem estrutura de suporte do edifício, sendo dimensionada por cálculos racionais (FRANCO, 2004). A execução por meio de alvenaria estrutural utiliza-se de blocos pré-moldados com dimensões e pesos favoráveis para o manuseio de qualquer pessoa no canteiro de obras, são ligados por argamassa, tornando uma única estrutura.

Segundo Mohamad (2015) é um sistema formado por bloco e argamassa, proporcionando uma união formando então a parede que é responsável por absorver as ações verticais e horizontais atuantes.

Em busca da redução do déficit habitacional e a qualidade na construção, este trabalho teve por objetivo fazer um comparativo de viabilidade entre parede de concreto moldadas no local e alvenaria em blocos estruturais, demonstrando que a parede de concreto atende as necessidades do PMCMV e ao mesmo tempo as necessidades das construtoras.

Materiais e métodos

A metodologia deste trabalho propôs uma análise da empregabilidade da construção em parede de concreto ou alvenaria estrutural em função das características de determinada obra, elaborou-se um estudo de pré-viabilidade econômica de ambas. O trabalho foi fundamentado por uma ampla revisão bibliográfica, constituída por livros, artigos técnicos, normas técnicas, monografias e revistas técnicas.

Procurou-se estabelecer uma relação entre informações quantitativas e qualitativas a fim de fomentar discussões quanto aos critérios técnicos implicados pela adoção de cada método.

O comparativo entre sistemas foi realizado através de um estudo de caso, no qual foram abordadas duas obras distintas, cuja modulação apresenta semelhança, mas concebidas por sistemas estruturais diferentes.

A comparação de custos se deu pela análise de orçamentos distintos que foram fornecidos pela empresa para cada uma das amostras. A composição desses documentos dá ênfase nas despesas de maior impacto na construção de um empreendimento, ou seja, materiais e mão de obra.

Com a análise dos orçamentos disponibilizado pela empresa, foram organizados em itens específicos para cada sistema construtivo, entretanto os serviços iguais para os dois métodos não foram comparados, possibilitando assim a fomentação e a elaboração dos orçamentos dos dois sistemas construtivos. Dessa forma, de acordo com os orçamentos disponibilizados, foram elaboradas tabelas resumidas disposta em tópicos, utilizadas para uma melhor apresentação de dados quantificados em cada sistema construtivo, estes são:

- ✓ FUNDAÇÕES;
- ✓ CINTAMENTO, LAJÃO, PISO POBRE;
- ✓ ALVENARIA, ESCADA, MURO PRIVATIVO, LAJE;
- ✓ MASSA INTERNA;
- ✓ MASSA EXTERNA – BL;
- ✓ PINTURA;

Partindo da descrição orçamentária, foram realizadas as análises qualitativas (Figura 01) para tratar os dados monetários de forma percentual, permitindo sua aplicação em casos práticos de análise para casos semelhantes. Pelo fato de a obra em alvenaria estrutural ter sido executada antes a de parede de concreto, alguns valores têm divergências entre si, pois se trata de dois orçamentos em épocas diferentes, onde houve pequenos reajustes de valores.

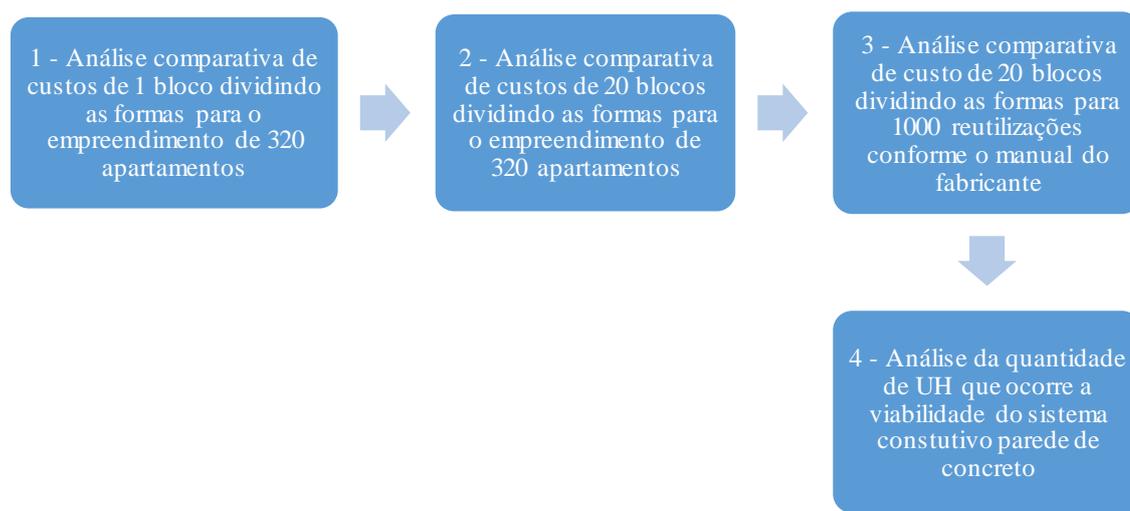


Figura 01: Fluxograma da análise dos empreendimentos. Fonte: autores.

Realizou-se um fluxograma para melhor explicar como o comparativo entre os orçamentos de ambas as obras foi mensurado deixando claro e distintos os valores obtidos para qualificar a maior viabilidade.

1. Iniciou-se por meio de uma comparação entre 01 bloco de cada obra, enfatizando os principais serviços para a execução da edificação. Para quantificar a alvenaria baseou-se em materiais utilizados na execução, por meio de valores contidos no orçamento da incorporadora. Enquanto na parede de concreto, foi retirada uma amostragem parcial de 16 apartamentos do total de 320, dividiu-se o valor da forma entre todos os apartamentos do empreendimento;
2. Viabilizou-se a edificação por meio da quantificação do custo da unidade habitacional para a execução de 20 blocos, mensurando a reutilização da forma para 320 apartamentos;

3. Assim, foi realizado um terceiro comparativo orçamentário, por meio da quantificação do custo da unidade habitacional para a execução de 20 blocos, porém nesta etapa foi considerado 1000 reutilizações da forma, conforme o manual do fabricante e revisões bibliográficas;
4. Finalizou-se a quantificação orçamentária relacionando a partir de qual unidade habitacional a parede de concreto passa a ser mais vantajosa que a alvenaria estrutural;

O tempo de execução recebe tratamento descritivo, os registros de datas e serviços foram disponibilizados pela incorporadora do empreendimento e também foi feito o acompanhamento e mapeamento pelos alunos dos tempos previamente gastos para a construção de ambos os sistemas, levando em conta os atrasos e possíveis imprevistos encontrados no caminho durante a realização das obras.

Primeiramente foi elaborada uma tabela comparativa de 1 bloco, considerando diferentes quantidades de equipes para igualar a mão de obra de ambos métodos, uma vez que a parede de concreto demanda maior quantidade de funcionários; posteriormente foi comparado o tempo de execução para o empreendimento de 320 apartamentos.

A partir da finalização dos registros, os mesmos foram submetidos a comparação qualitativa, com ênfase na identificação dos fatores que favorecem e/ou desfavorecem cada uma das modalidades, a fim de explicitar as razões que destacam um sistema em relação ao outro.

Estudo de caso

Neste capítulo foram comparadas as duas obras. Em relação a mão de obra, observou-se que em ambos os sistemas necessitam de mão de obra especializada, porém, com um bom treinamento e fiscalização de profissionais é possível minimizar os problemas decorrentes do dia a dia.

A empresa optou por adquirir as formas de paredes de concreto, visto que seu reaproveitamento seria vasto, podendo chegar até 1000 utilizações segundo o manual do fabricante; adotou-se da mesma metodologia da empresa e foi feito o rateio das formas pela quantidade de vezes em que a mesma pode ser utilizada, quanto mais se repetir o processo, mais vantajoso se torna ao ponto de vista econômico.

Obra em alvenaria estrutural

Refere-se a um condomínio vertical multifamiliar, situado na região de Birigui/SP, construído em alvenaria estrutural. Conta com 31 blocos de 4 pavimentos, sendo 4 apartamentos por andar (Figura 02 e 03), totalizando 496 unidades. Desse montante, trabalhou-se com amostragem de um bloco, ou seja, 16 apartamentos.

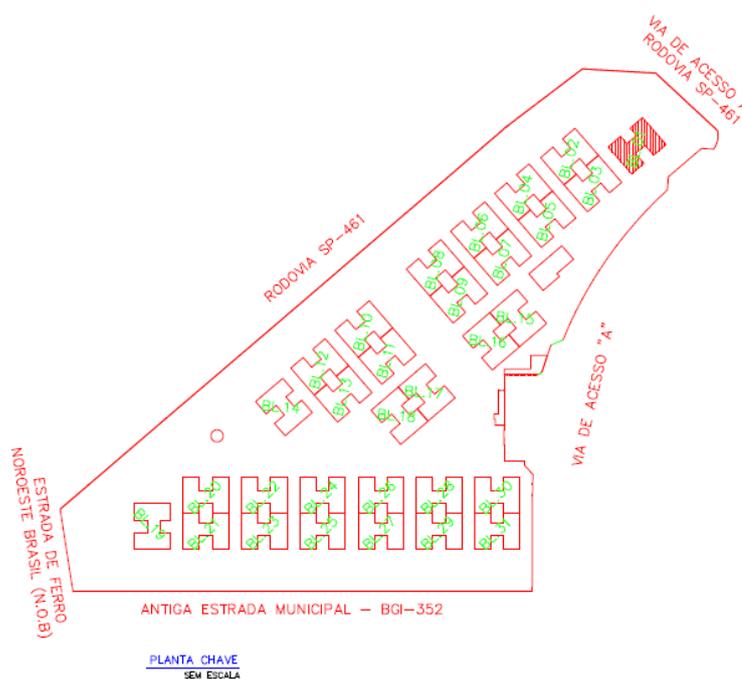


Figura 02: Croqui da obra em alvenaria estrutural destacando o bloco estudado sem escala. Fonte; autores.

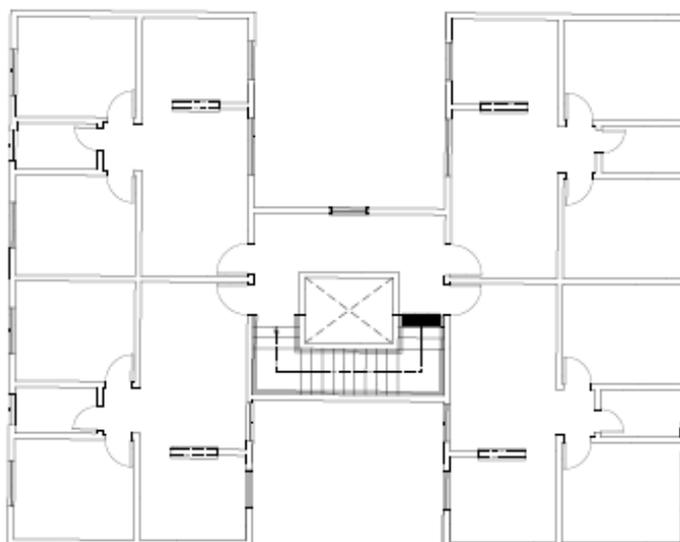


Figura 03: Planta do pavimento tipo em alvenaria estrutural sem escala.

Fonte: autores.

Obra em parede de concreto

Refere-se à um condomínio vertical multifamiliar, situado na região de Birigui/SP, executado em paredes de concreto. O projeto foi elaborado e executado pela mesma empresa, daí se explica a semelhança na modulação das unidades, o mesmo conta com 23 blocos de 4 pavimentos, sendo 4 apartamentos por andar, totalizando 368 unidades habitacionais (Figuras 04 e 05).

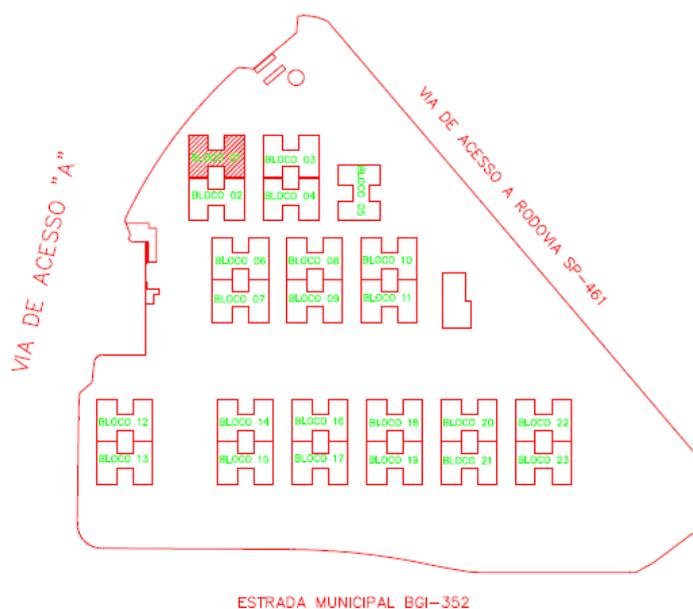


Figura 04: Croqui da obra em parede de concreto destacando o bloco estudado sem escala. Fonte: autores.

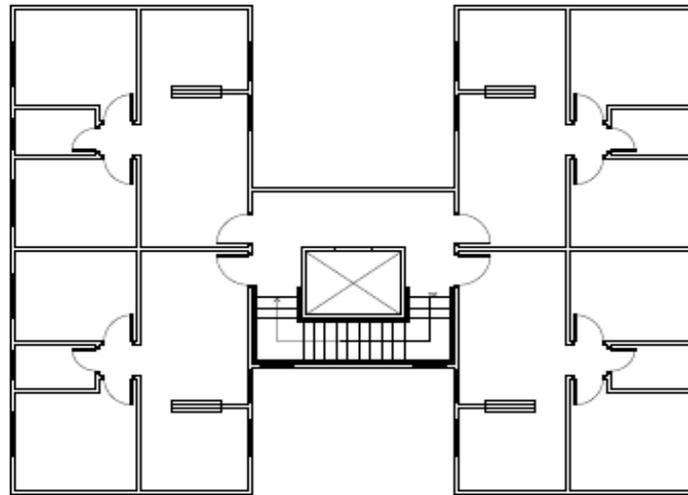


Figura 05: Planta do pavimento tipo em parede de concreto sem escala.

Fonte: autores.

Resultados e discussões

Foi realizado comparações por meio de macro itens, onde quantificou-se a execução de cada bloco. Apresentados apenas os itens que se diferem em custo para a construção de ambos os sistemas, portanto, as comparações foram feitas apenas na parte estrutural do edifício.

A tabela 01 descreve o comparativo para a execução de um bloco em alvenaria estrutural, e um bloco em parede de concreto, onde foi retirada uma amostragem parcial de 16 apartamentos do total, assim viabilizou-se o mais vantajoso economicamente.

Tabela 01 – Comparativo de custo entre os sistemas com 160 reutilizações.

Etapa construtiva	Alvenaria Estrutural	Parede de Concreto	Diferença (R\$)	Diferença (%)
Fundações	28.722,33	32.309,71	3.587,38	12,49%
Cintamento, Lajão, Piso Pobre	42.706,18	49.624,15	6.917,97	16,20%
Alvenaria, Escada, Muro privativo, Laje	186.669,71	179.319,77	7.349,94	3,94%
Massa	55.227,61	9.759,47	45.468,14	82,33%
Gesso	28.086,16			
Pintura	41.549,60	53.962,69	12.413,09	29,88%
Fôrmas		27.696,60		
Itens especiais		5.170,81		
TOTAL	382.961,59	357.843,21	25.118,39	6,56%

Fonte: autores.

Para demonstrar os valores das amostragens e facilitar o entendimento, os itens foram exibidos de forma sintética; chegou-se a uma economia de 6,56% com a reutilização das formas na obra, expressando uma diferença de R\$ 25.118,19 por bloco construído, constituindo a vantagem econômica da parede de concreto sobre a alvenaria estrutural.

A próxima etapa foi validar a execução para 20 blocos. Fez-se apenas uma reprodução da execução, multiplicando os valores contidos na Tabela 1 por vinte e demonstrando-os na Tabela 02.

Tabela 02 – Comparativo de custo de 20 blocos para 160 reutilizações.

Etapa construtiva	Alvenaria Estrutural	Parede de Concreto	Diferença (R\$)	Diferença (%)
Fundações	574.446,60	646.194,20	71.747,60	12,49%
Cintamento, Lajão, Piso Pobre	854.123,60	992.483,00	138.359,40	16,20%
Alvenaria, Escada, Muro privativo, Laje	3.733.394,20	3.586.395,40	146.998,80	3,94%
Massa	1.104.552,20	195.189,40	909.362,80	82,33%
Gesso	561.723,20			
Pintura	830.992,00	1.079.253,80	248.261,80	29,88%
Fôrmas		553.932,00		
Itens especiais		103.416,27		
TOTAL	7.659.231,80	7.156.864,07	502.367,73	6,56%

Fonte: autores.

A economia continua de 6,56%, porém, agora replicando para 20 blocos a diferença econômica no total de apartamentos foi de R\$ 502.367,73 um valor que é economicamente alto.

Visando mostrar uma economia maior quando se utiliza o sistema parede de concreto em uma larga escala, elaborou-se um novo estudo; neste considerou-se a reutilização das formas pela quantidade estabelecidas pelo fabricante, onde são mil vezes com o correto manuseio e manutenções, dessa maneira foi disposto na Tabela 03 esse comparativo total, juntamente com suas diferenças em reais e percentual.

Tabela 03 – Comparativo de custo de 20 blocos para 1000 reutilizações.

Etapa construtiva	Alvenaria Estrutural	Parede de Concreto	Diferença (R\$)	Diferença (%)
Fundações	574.446,60	646.194,20	71.747,60	12,49%
Cintamento, Lajão, Piso Pobre	854.123,60	992.483,00	138.359,40	16,20%
Alvenaria, Escada, Muro privativo, Laje	3.733.394,20	3.586.395,40	146.998,80	3,94%
Massa	1.104.552,20	195.189,40	909.362,80	82,33%
Gesso	561.723,20			
Pintura	830.992,00	1.079.253,80	248.261,80	29,88%
Fôrmas		88.629,12		
Itens especiais		103.416,27		
TOTAL	7.659.231,80	6.691.561,19	967.670,61	12,63%

Fonte: autores.

Por meio da tabela comprova-se que: Com a reutilização das formas por sua total vida útil informada e comprovada pelo fabricante, obteve uma economia de 12,63% na parede de concreto em relação a alvenaria estrutural e gerou-se em reais uma economia de R\$ 967.670,61 viabilizando o método parede de concreto na execução de empreendimentos com elevados números de repetições de apartamentos.

Em ambas as situações a parede de concreto obteve vantagem diante da alvenaria estrutural, viabilizando sua vantagem em utilização para obras em alta escala de repetição, comprovando nosso estudo que a parede de concreto é mais vantajosa economicamente que a alvenaria estrutural.

A Figura 06 mostra a partir de quantas UH a parede de concreto se torna viável em relação a alvenaria estrutural nesse empreendimento, optando por dividir o valor da forma apenas por UH construídas, e não pelo total de UH contabilizadas na obra.

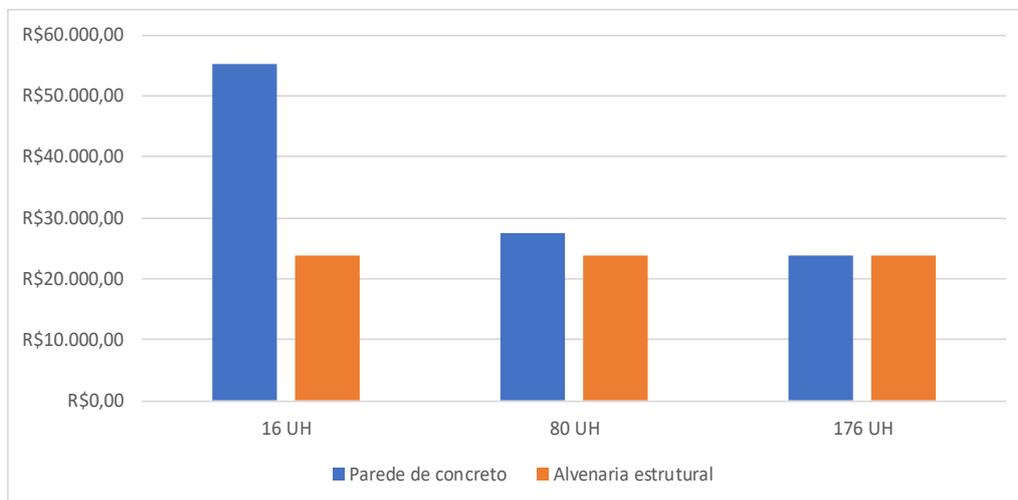


Figura 06 – Comparativo de quando passa a ser econômico na obra estudada.

Fonte: autores.

Nota-se pelo gráfico exibido na figura anterior, que quando é comparado apenas um bloco composto por 16 UH, a parede de concreto tem um preço relativamente alto por apartamento, em relação a alvenaria estrutural, pois a aquisição das formas tem um valor elevado. Entretanto quando aumenta as reutilizações da forma para cinco blocos composto por 80 apartamentos, o valor diminui, porém, a alvenaria estrutural ainda leva vantagem econômica em relação a parede de concreto.

Percebe-se uma igualdade em valores a partir de onze blocos construído, ou seja, 176 UH, os valores são iguais em ambos os sistemas construtivos, e a partir de 177 UH a vantagem econômica é toda da parede de concreto, portanto isso fomenta a tese de que quanto mais repetições construtivas de UH, mais econômica se torna o sistema construtivo.

Tempo de execução

Durante a execução de ambas as edificações, pode-se analisar o tempo de execução da estrutura dos blocos citados que estão sendo estudados, como dito na metodologia o tempo foi baseado em vivência no canteiro de obras, acrescidos de possíveis imprevistos que foram presenciados durante a execução, preocupando com a qualidade da obra entregue. O tempo total foi contabilizado apenas para a construção da parte estrutural, porém, outras fases da obra eram realizadas paralelamente com a estrutura.

Para alvenaria estrutural utilizou-se uma equipe composta por 14 trabalhadores (pedreiros e serventes) e uma equipe para paredes de concreto, composta com 21 trabalhadores (montadores, armadores e servente).

Conforme Tabela 04, temos descrito a mão de obra necessária para a execução de um bloco juntamente com o tempo de execução, aqui não se leva em consideração o valor gasto com cada profissional.

Tabela 04 – Demonstração do tempo de execução.

Tempo de Execução		
16 Apartamentos + Platibanda		
Serviço	Duração	Mão de obra
Parede de concreto	10 dias	16 Montadores 04 Armadores 01 Servente
Alvenaria estrutural	26 dias	07 Pedreiros 07 Serventes

Fonte: autores.

Na execução de 16 apartamentos e platibanda são necessários 26 dias para o sistema de alvenaria estrutural, sendo que 24 dias para os apartamentos e hall e mais 02 dias foram para a platibanda, porém na alvenaria estrutural pode-se utilizar várias equipes, para execução de vários blocos ao mesmo tempo, aumenta-se consideravelmente os gastos, que influência direto no preço final por UH, favorecendo o uso da parede de concreto pela sua agilidade.

Enquanto para a execução da parede de concreto, é realizada a concretagem de 01 pavimento a cada dois dias, totalizado 08 dias o bloco finalizado e mais 02 dias para a platibanda.

Tempo para execução de 20 blocos

Para viabilizar o estudo foi replicada a comparação entre ambas as obras na execução de 20 blocos, onde utilizou-se 01 equipe para parede de concreto, pois tinham apenas uma forma, de acordo com o que foi dito. Para a alvenaria estrutural empregou-se no estudo 02 equipes, assim ficou equiparado os trabalhadores formais na obra. De acordo com a Tabela 05, foi demonstrado a mão de obra necessária e a duração para o término dos serviços.

Tabela 05 – Demonstração do tempo de execução para 20 blocos.

Tempo de Execução	
20 Blocos - 320 apartamentos	
Serviço	Duração
Parede de Concreto	194 dias
Alvenaria	340 dias

Fonte: autores.

Equiparando-se a mesma quantidade de apartamentos construído nos 2 empreendimentos e a mão de obra necessária na execução da edificação foi obtido o tempo para execução da parte estrutural de cada sistema, não se comparou o tempo executivo de acabamentos.

Mostrou-se claramente a vantagem que a parede de concreto obteve sobre a alvenaria, o ganho de tempo, gera ganho econômico, nos planos do PMCMV, quanto mais ágil o sistema, mas rápido o retorno do investimento, caracterizando o porquê da construtora em questão ter mudado o método construtivo de alvenaria estrutural para paredes de concreto, ganhando tempo, e aumentando-se os lucros.

Os resultados foram satisfatórios, pois demonstrou-se que além de economicamente viável, a parede de concreto também foi extremamente rápida durante a construção do empreendimento estudado, tornando viável o método construtivo, para ambos os requisitos estudados.

Vantagens e desvantagens

O sistema construtivo parede de concreto não apresente somente economia em relação a alvenaria estrutural, mas também apresenta vantagens que ajuda na logística da construção de empreendimentos. A seguir no quadro 01 destacam-se as vantagens e desvantagens de ambos métodos construtivos, mostrando e fomentando a viabilidade da parede de concreto.

No sistema construtivo parede de concreto destaca-se a velocidade de execução, onde conseqüentemente há o cumprimento do cronograma da obra, a eliminação de etapas necessitando de menor número de funcionários e tempo e o controle de qualidade devido ao acompanhamento do laboratório integrado a obra, garantindo a qualidade da estrutura.

Quadro 01 – Vantagens e desvantagens em cada sistema construtivo.

Sistema construtivo	Vantagens	Desvantagens
Alvenaria Estrutural	Redução significativa dos custos; Pouca diversidade de materiais empregados nas etapas construtivas; Rapidez executiva; Total disponibilidade de matéria prima; Bom isolamento térmico e acústico; Maior vida útil da edificação; Baixa geração de resíduos;	Impossibilidade de mudanças na alvenaria; Mão de obra bem qualificada; Necessidade de revestimentos adicionais para um bom acabamento; Baixa qualidade de material e mão de obra no mercado;
Parede de Concreto	Velocidade de execução; Cumprimento de prazos; Eliminação de etapas construtivas(Chapisco, reboco); Maior controle de qualidade; Conforto térmico e acustico; Abertura exata de vãos; Ganho de espaço em razão da menor dimensão das paredes; Resistência ao fogo;	Alto custo das fôrmas; Viabilidade somente em larga escala construtiva; Limitação na alteração da arquitetura;

Fonte: autores.

Conclusões

Por meio da análise do estudo de caso pode-se concluir que o sistema executado em parede de concreto é mais vantajoso economicamente em relação a alvenaria estrutural, onde para os empreendimentos estudados obteve uma economia de 6,56% considerando 160 reutilizações e uma economia de 12,63% considerando 1000 reutilizações, conforme a previsão do fabricante.

O sistema torna-se viável apenas para empreendimentos com elevado número de reutilizações da forma, devido ao seu alto custo para aquisição, nesta obra ocorreu a viabilidade econômica a partir da 177 UH.

A vantagem do sistema não implica somente em valor econômico, mas também em produtividade, onde para a construção de 320 UH, a estrutura da parede de concreto é executada com 46 dias a menos que a alvenaria estrutural.

Os resultados obtidos informam que na construção de um edifício residencial multifamiliar, o melhor método construtivo em relação ao tempo de execução e custo da obra é a parede de concreto. As informações aqui constatadas comprovam o motivo pelo qual a construtora que utilizava o método construtivo em alvenaria estrutural, começou a fazer o uso do sistema construtivo parede de concreto, pois este proporciona maiores economias para a empresa.

Referências bibliográficas

AMARY, F. **Por que o Brasil precisa da construção civil para voltar a crescer**. G1, 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/especial-publicitario/emmovimento/noticia/por-que-o-brasil-precisa-da-construcao-civil-para-voltar-a-crescer.ghtml>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

ANAUTE, M. **Programa minha casa minha vida e parede de concreto**. Núcleo parede de concreto. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/programa-minha-casa-minha-vida-e-parede-de-concreto>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

____. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para construção de edificações - requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

FONSECA, G.C. da. **Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: uma abordagem epistêmica**. Tese de doutorado. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, MG, 2011.

FRANCO, L. S. **Alvenaria Estrutural**. Apresentação à Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural: Materiais, projeto e desempenho**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2015. 355 p.

SERBONCHINI, J. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. ABCP, 2013. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SFFORMAS. **Catálogo**. 2018. Disponível em: <<http://www.sfformas.com.br/admin/db//catalogo/1.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.

SIENGE. **Minha casa minha vida**. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

.

Ensaio de resistência à compressão e propriedades mecânicas de corpos de provas cilíndricos do solo cimento celular em comparação ao concreto convencional, concreto celular e solo cimento

Compressive strength test and mechanical properties of cylindrical bodies of the cellular soil in comparison to conventional concrete, cellular concrete and cement soil

Brenda Thaina Ferreira Rodrigues¹
Eriovaldo Pereira da Silva¹
Thiago Martins Gandolfi¹
Wendell Sigoli Rizzo¹
Cleverson Arenhart²
Avelino Aparecido Rocha²

RESUMO

Com os novos sistemas na construção civil, o uso de aditivos vem trazendo vantagens em âmbitos técnicos ambientais, mecânicos e econômicos, o concreto celular faz parte dessa evolução, fazendo parte do grupo denominado concreto leve, o qual está sendo muito utilizado por apresentar uma elevada capacidade de isolamento térmico e acústico. Neste estudo foi feita uma adequação do uso do aditivo no solo cimento onde se alcançasse uma resistência e massa reduzida com a junção das suas melhorias térmicas e acústicas, onde foram apontadas a viabilidade e a eficácia do produto. Por meio de ensaios laboratoriais foram moldados corpos de provas seguindo parâmetros e dimensões segundo a NBR 5739 (2018) do concreto e a NBR 8492 (2012) do solo-cimento, sendo analisadas e anotadas todas as resistências à compressão e suas massas específicas obtidos nos ensaios dos corpos de prova de concreto convencional, concreto celular e o solo-cimento celular, onde executados em laboratório atendendo as especificações do aditivo. Com isso levantar dados que sejam comprobatórios à pesquisa ao apontamento das apropriações para que este sistema possa ser aplicado à produção de elementos construtivos com vantagens e economia quanto aplicados à construção civil.

Palavras-Chave: Concreto; Concreto celular; Ensaio à compressão; Solo cimento.

¹ Acadêmicos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba.

² Docentes do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba.

ABSTRACT

With the new systems in civil construction, the use of additives has brought advantages in environmental, mechanical and economic technical areas, the cellular concrete is part of this evolution, being part of the group called light concrete, which is being used a lot because it has a high thermal and acoustic insulation capacity. In this study, the use of the additive in the cement soil was carried out where a resistance and reduced mass were achieved with the addition of its thermal and acoustic improvements, where the viability and the efficiency of the product were pointed out. Through laboratory tests, test bodies were molded following parameters and dimensions according to NBR 5739 (2018) of the concrete and NBR 8492 (2012) of the soil-cement, all the compressive strengths and their specific masses were analyzed and recorded. Tests of the concrete specimens of concrete, cellular concrete and the cellular soil-cement, where executed in laboratory meeting the specifications of the additive. With this to gather data that are proving to the research to the appropriation notes so that this system can be applied to the production of constructive elements with advantages and economy when applied to the civil construction.

Key-words: Concrete Strength; Cellular Concrete; Air Incorporator; Soil Cement.

Introdução

Devido às demandas do mercado da construção civil, novos materiais precisam ser desenvolvidos, seja pela capacidade de carga, permeabilidade, durabilidade, ou quaisquer outras características necessárias para sua aplicação (Mallmann, 2013). Com o crescimento vem à necessidade de novas buscas para atender um mercado cada vez mais exigente no quesito às construções econômicas e sustentáveis.

Com o grande desenvolvimento do concreto, e a evolução de algumas técnicas de produção o surgimento de novos materiais é necessário, dentre os quais se destacam os aditivos, que promovem melhoria na trabalhabilidade, resistência entre outros fatores. Segundo Gleize (2011), atualmente os concretos deixaram de ser uma simples mistura de cimento, água e agregados, qualquer que seja o tipo de aplicação.

Os concretos atuais contêm cada vez mais adições de minerais, aditivos orgânicos, inorgânicos e fibras. Conseqüentemente, tornou-se possível desenvolver concretos diferentes para cada aplicação específica. Alguns concretos se destacam pela leveza, o concreto celular é um dos concretos que acrescenta algumas necessidades do mercado, expondo características físicas que possibilitam um maior conforto acústico e térmico, boa resistência ao fogo, peso específico baixo e boa resistência à compressão.

O concreto celular é um tipo de concreto leve que resulta da pega de uma mistura composta de aglomerantes e agregados finos, que sofre tratamentos mecânicos, físicos ou químicos destinados a criar na sua massa uma alta porcentagem de poros esféricos, de dimensão regular e milimétrica, uniformemente distribuídos, que permanecem estáveis, incomunicáveis e indeformáveis durante todo o processo, resultando numa massa específica aparente seca superior a 400 kg/m^3 e inferior a 1.800 kg/m^3 (FERREIRA apud MELO, 2009) (Figura 1).



Figura 1 - Concreto convencional e concreto celular. Fonte: Ecopore (2018).

Visando à proteção ambiental e econômica o mercado busca métodos mais viáveis, procurando cada vez mais, testar e utilizar materiais ecológicos na fabricação de produtos. O solo-cimento é uma alternativa de materiais ecológicos que vem sendo muito utilizado em muitos projetos, de acordo com Uchimura (2006), o solo-cimento resulta da mistura homogênea de solo, cimento Portland e água, em proporções adequadas. O material resultante possui boa resistência à compressão, baixa impermeabilidade boa durabilidade. O cimento adicionado deve ser somente o suficiente para estabilizar o solo e lhe conferir as propriedades necessárias

Ao contrário do concreto, cujos materiais que o compõe (areia e brita) são facilmente obtidos com a pureza e os atributos físicos e químicos requeridos, o solo é altamente variável. A presença de substâncias deletérias para o processo de cimentação, como o húmus, cloretos e sulfatos inviabilizam a aplicação do solo. Em qualquer jazida, essas variações ocorrem tanto no sentido horizontal como vertical. A solução desses problemas é dispendiosa por requerer pessoal qualificado e constantes análises de material. Por isso, grandes empresas da construção desistiram de industrializar o solo-cimento e o solo-cal (FIQUEROLA, 2004).

Uma característica do solo-cimento em relação aos tijolos de cerâmica é a adição de componentes em sua mistura, dando origem ao bloco, como proposto será no caso o aditivo incorporador de ar, onde essa adição subestima melhorar sua qualidade e também redução do seu peso.

O presente trabalho busca desenvolver um traço para o solo cimento onde será aderido o aditivo incorporador de ar, assim podendo ser ensaiados os corpos de prova e analisado suas propriedades mecânicas, como a capacidade máxima da carga aplicada por compressão e a comparação das massas dos sistemas, sendo eles, o concreto convencional, concreto celular, argamassa convencional, argamassa celular e o solo cimento celular, realizados através de ensaios laboratoriais. Com os resultados obtidos, será comparada a viabilidade do material em relação ao seu peso e resistência a fim de serem aplicados na construção civil.

Materiais e métodos

Corpos de Prova

Os ensaios e moldagens dos corpos de prova do concreto e do concreto celular foram realizados no Laboratório de Engenharia do UniSalesiano, já as moldagens dos corpos de prova do solo cimento com a aditivo incorporador de ar foi desenvolvido na Tijológico na cidade de Santo Antônio do Aracanguá- SP, onde forneceram os materiais utilizados.

Materiais

Cimento

Os cimentos utilizados na composição do concreto e concreto celular foram o cimento Portland composto CP II-F 40, e na composição do solo cimento o cimento Portland CP V ARI, ambos normatizados.

Água

A água utilizada foi do sistema de abastecimento do UniSalesiano, por meio de poço artesiano próprio. Na empresa Tijológico, foi utilizado do sistema de abastecimento própria da cidade.

Agregados

Foi utilizado agregado miúdo, areia quartzosa e solo areno-argiloso; agregado graúdo, rocha britada (brita 0) de basalto e pó de pedra.

Aditivo

O aditivo utilizado para produzir o concreto celular e concreto leve, é o aditivo incorporador de ar, onde a espuma é realizada através de uma agitação mecânica, composta por uma furadeira e um batedor, colocado abraçadeiras de nylon para aumentar o atrito e render o produto, vide (Figura 2).



Figura 2 – Espuma feita com o aditivo. Fonte: autores.

Solo

O solo utilizado foi retirado da própria empresa Tijológico, com a utilização dos materiais e traço fornecidos pela mesma, onde também foi realizada a confecção dos corpos de prova de solo cimento celular.

Laboratório

- Para realizar os ensaios, utilizou-se peneiras de 4, 8; 2,0; 0,84; 0,42; 0,25; 0,15 e 0,075 mm de abertura das malhas utilizado para ensaio de granulometria.
- Estufa com temperatura regulável utilizada para secagem do agregado miúdo e dois corpos de prova do concreto celular.
- Balança analítica, com capacidade de resolução de 0,05 g utilizada para pesagens dos materiais para fazer os ensaios e moldagens.
- Betoneira para a mistura dos agregados, cimento e a espuma;
- Prensa hidráulica utilizada para os ensaios de compressão dos corpos de prova com capacidade máxima de 200 tf da marca EMIC;
- Moldes cilíndricos utilizados para confecções dos corpos de prova, sua dimensão é de 10x20 cm;
- *Slump test*, os materiais utilizados foram: placa metálica, cone, haste, régua metálica e colher de pedreiro.

Materiais da Tijológico

Para realização de moldagens dos corpos de prova de solo cimento celular utilizou-se o solo e equipamentos da própria empresa Tijológico conforme a (Figura 3), aditivo, cimento e o batedor mecânico foram os mesmos utilizados acima.



Figura 3 – Solo pronto para a moldagem. Fonte: autores.

Método

Moldagem dos corpos de prova

Para o procedimento da moldagem, foi aplicada uma fina camada de óleo diesel nos moldes usados 10 x 20 cm para facilitar a desmoldagem e limpeza dos corpos de prova. Com o concreto batido em betoneira e feito o *Slump test*, colocou-se a primeira camada com o uso da concha de seção “U” e logo foi golpeado 12 vezes com a haste, completando com a segunda camada e com o mesmo número de golpes até o limite entre as camadas, a fim de obter um corpo de prova uniforme sem acúmulo de agregados, com a própria haste batemos na lateral do molde para que fosse acomodado e evitar espaços vazios ou bolhas de ar. Foram identificados todos os corpos de prova, após o período de 24 horas foi desmoldado e colocados submersos no reservatório de água, onde permaneceu por 14 (quatorze) e 28 (vinte e oito) dias até o respectivo ensaio de compressão (Figura 4).



Figura 4 – Corpo de prova. Fonte: autores.

Traços

Os traços foram obtidos através das especificações do fabricante do aditivo incorporador de ar, no qual foi utilizado a proporção dos agregados de acordo com a necessidade da quantidade desejada para a execução das moldagens e cura dos corpos de provas.

O procedimento para obtermos a argamassa foi peneirar e pesar a areia já seca em estufa, logo, deixamos bater na betoneira com a quantidade de 2 l de água da rede de abastecimento do UniSalesiano por 2 minutos, em seguida fora acrescido o cimento já pesado e foi deixado por mais 3 minutos, onde foi adicionado o restante da água, a espuma que já obtida após estes 5 minutos de procedimento foi lançado na mistura, após mais 1 minuto para a homogeneização foi realizado o Slump test e moldagem dos 6 corpos de prova de medida 10 x 20 cm.

O processo de cura dos corpos de prova até o ensaio de compressão foi feito de três maneiras distintas, sendo dois moldes molhados no primeiro dia apenas, outros dois ficaram reservados na estufa para serem autoclavado, e o os demais colocados em reservatório com água, do modo convencional, porém notamos que o corpo de prova estava menos denso que a água e flutuou, no qual foi colocado peso para se mantido submerso.

Solo

Nestes traços foi realizada a moldagem seguindo a ABNT "NBR 5738 (2015) – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova", já que, por sua vez, foi incorporada a espuma em sua composição, deixando-a mais homogênea e utilizada conforme prescrita em norma. As medidas alcançadas foram obtidas através da fabricante dos tijolos de solo cimento Tijológico Araranguá, que forneceu sua matéria prima: solo areno-argiloso, a mesma encontrada na região da cidade de Santo Antônio do Aracanguá-SP, onde foi dobrado a quantidade de cimento devido ao fator A/C para a resistência esperada.

Foram pesadas as medidas do solo e do cimento e adicionados na padiola, junto com metade da medida da água, onde foi misturada com a ajuda da colher de pedreiro e com as mãos, até a obtenção de uma massa firme e homogênea, logo foi adicionado à espuma, já agitada por 5 minutos, sendo moldados os corpos de prova 10 x 20 cm, na segunda batida do mesmo traço, duplicamos a quantidade da espuma que também havia sido obtida com 5 minutos, repetindo o processo para a terceira massa, que foi triplicado a espuma, sendo assim moldados e identificados.

Os corpos de prova deste material de solo cimento não foram feitos pela cura por submersão no reservatório de água, apenas foi mergulhado uma vez ao dia durante uma semana como processo de cura convencional usado no “tijolo ecológico”, e estocado em local fechado até o procedimento de ensaio (Figura 5).



Figura 5– Corpo de prova de solo cimento. Fonte: autores.

Abatimento do tronco de cone (Slump test)

Para o abatimento do tronco de cone, molhou-se o corpo e a base antes de ser lançada a primeira das três camadas, cada uma com a quantidade de 25 golpes usando a haste de compactação, ao fim da última camada, foi tirada o excesso do topo e da base sendo retirado o molde na posição vertical respeitando o tempo de 5 a 10 segundos, em seguida, foi medido com a trena o abatimento, diferença de altura entre o nível inferior da haste e o topo do molde abatido, respeitando o tempo limite de 150 segundos exigidos por norma (Figura 6).



Figura 6 – Adição da espuma. Fonte: autores.

Ensaio

Foi necessário o uso da prensa mecânica para os ensaios de compressão, nela é feito o controle da vazão, o qual interfere na velocidade e tempo do carregamento, medido através de um cronômetro manual, a aplicação da carga é apresentado em seu visor digital com a força em kN, onde todo o processo foi realizado em laboratório de engenharia do UniSalesiano.

Foi realizado os ensaios de compressão (Figura 7) dos corpos de provas com as idades de 14 (quatorze) e 28 (vinte e oito) dias de cura sob submersão em reservatório de água, seguindo a norma da ABNT (NBR 5739 (2018) – “Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”), nas quais foram anotados a força aplicada em kN, transformando a carga em MPa para ser utilizar na fórmula mostrada a seguir e assim ser obtido a resistência, e o parâmetro de segurança definido em norma em relação ao tempo do ELU (estado limite último) do corpo de prova até seu rompimento (Figura 8).

A média da força aplicada ($F_{\bar{R}}$) é expressa por:

$$F_{\bar{R}} = \frac{\sum F_i}{n_i}$$

Dada que:

F_i : força de carregamento, em kN;

n_i : número de corpos de prova do lote.

A resistência média à compressão ($f_{c\text{ média}}$) deve ser calculada através da seguinte expressão:

$$f_{c\text{ média}} = \frac{4 * (F_{\bar{R}} * 1000)}{\pi * D^2}$$

Onde:

$F_{\bar{R}}$: é a média da força aplicada máxima em kN, multiplicada por 1000 para ser transformada em MPa;

D : é o diâmetro do corpo de prova, em mm.

A taxa de carregamento (TC) é dada por:

$$TC = \frac{f_{c\text{ média}}}{s}$$

Em que:

$f_{c\text{ média}}$: é a média das resistências à compressão do mesmo lote em MPa;

s : é o tempo em segundos da aplicação da força até sua ruptura.

Tabela 1 – Taxa de carregamento TC .

$TC < 0,3$	$0,3 \leq TC \leq 0,6$	$TC > 0,6$
\sim NÃO OK!	\sim OK!	\sim NÃO OK!

Fonte: NBR 5739 (2018).

O desvio padrão (S_e) é expresso pela equação:

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

A_i : é a amplitude de valores de resistência, em MPa;

n : é o número de exemplares da amostra.

Tabela 2 – Coeficiente d_2 .

Quantidade de corpos de prova	Coeficiente d_2
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,236
6	2,543

Fonte: NBR 5739 (2018).

O cálculo do coeficiente de variação (cv_e) é feito através da equação:

$$cv_e = \frac{S_e}{f_{c\text{ média}}}$$

Onde:

$f_{c\text{ média}}$: é a resistência média à compressão, em MPa.

Tabela 3 - 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: NBR 5739 (2018).



Figura 7 – Ensaio à compressão.



Figura 8 – Rompimento do molde

Fonte: Autores.

Pesos e massas

Foram pesadas as massas dos corpos de provas e anotadas após a desmoldagem, onde foram retiradas do reservatório onde estavam submersas em seu processo de cura, medida usada para obter o peso que foi reduzido com o aditivo incorporador do ar na sua mistura e poder ser comparada com a resistência, na qual foi pretendido manter aproximada e ou dentro das verificações exigidas por norma, também ser apontado suas vantagens e ou desvantagens.

Resultados e discussões

Nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9 estão apresentados os resultados obtidos através dos ensaios dos corpos de prova com as idades de 14 e 28 dias, moldados cujo material foram descritos e desenvolvidos pelo grupo através das informações disponibilizadas pela fabricante do aditivo, do material da disciplina de construção civil e dados da Ecopore, onde houve adaptações nos traços e na dosagem dos materiais devido à necessidade de cada lote.

Na Tabela 4 apresenta os corpos de prova moldados com concreto celular, cujo traço foi disponibilizado pela fabricante do aditivo e calculado uma proporção para a quantidade desejada e feito um estudo de pesquisa em que foi adicionado o pó de brita e assim diminuído a quantidade de areia.

Tabela 4 – Ensaio à compressão do lote *Concreto Celular com Pó de Brita*.

CONCRETO CELULAR COM PÓ DE BRITA							
	N° CP	Força (kN)	Massa (kg)	Tempo (s)	Resistência (MPa)	Taxa carregamento	
14 dias	3	234,04	3,270	63	29,80	0,47	OK
	4	206,19	3,290	65	26,25	0,40	OK
28 dias	1	248,02	3,790	63	31,58	0,50	OK
	2	265,34	3,775	70	33,78	0,48	OK
Conc. Cel. Pó B.	MEDIA	238,40	3,531	65,3	30,35	0,47	OK

Fonte: autores.

Nas Tabelas 5 e 6 foram realizados os ensaios sobre o traço fornecido no site da Ecopore, na qual foi escolhida pelo grupo a densidade seca de 1.000 kg/m^3 , onde foi calculada a proporção para a quantidade que seria utilizado nos corpos de prova identificados como “*Argamassa Com Aditivo*”, já nos corpos de prova denominados “*Argamassa Sem Aditivo*” foi mantido o mesmo traço, mas não utilizado o aditivo, a fim de serem comparada a diferença das suas densidades, massas e resistências conforme dados mostrados abaixo:

Tabela 5 – Ensaio à compressão lote Argamassa com Aditivo.

ARGAMASSA COM ADITIVO							
	N° CP	Força (kN)	Massa (kg)	Tempo (s)	Resistência (MPa)	Taxa carregamento	
14 dias	4	97,51	2,745	31	12,42	0,40	OK
	5	121,86	2,740	31	15,52	0,50	OK
	3/estufa	71,80	2,390	26	9,14	0,35	OK
	6/estufa	67,89	2,365	28	8,64	0,31	OK
28 dias	1	111,56	2,810	40	14,20	0,36	OK
	2	117,86	2,760	28	15,01	0,54	OK
Arg. com Adt.	MEDIA/estufa	69,85	2,378	27,0	8,89	0,33	OK
	MEDIA	112,20	2,764	32,5	14,29	0,44	OK

Fonte: autores.

Tabela 6 – Ensaio à compressão lote Argamassa sem Aditivo.

ARGAMASSA SEM ADITIVO							
	N° CP	Força (kN)	Massa (kg)	Tempo (s)	Resistência (MPa)	Taxa carregamento	
14 dias	3	284,03	3,360	67	36,16	0,54	OK
	4	271,16	3,360	75	34,53	0,46	OK
	1	264,88	3,415	57	33,73	0,59	OK
28 dias	2	308,00	3,365	66	39,22	0,59	OK
	5	285,33	3,380	65	36,33	0,56	OK
	6	294,69	3,355	64	37,52	0,59	OK
Arg. sem Adt.	MEDIA	284,68	3,373	65,7	36,25	0,55	OK

Fonte: autores.

Com os resultados apresentados na Tabela 5 e 6 é possível notar a redução da massa dos corpos de prova e também da sua resistência ao ser confeccionado com o uso do aditivo incorporador de ar.

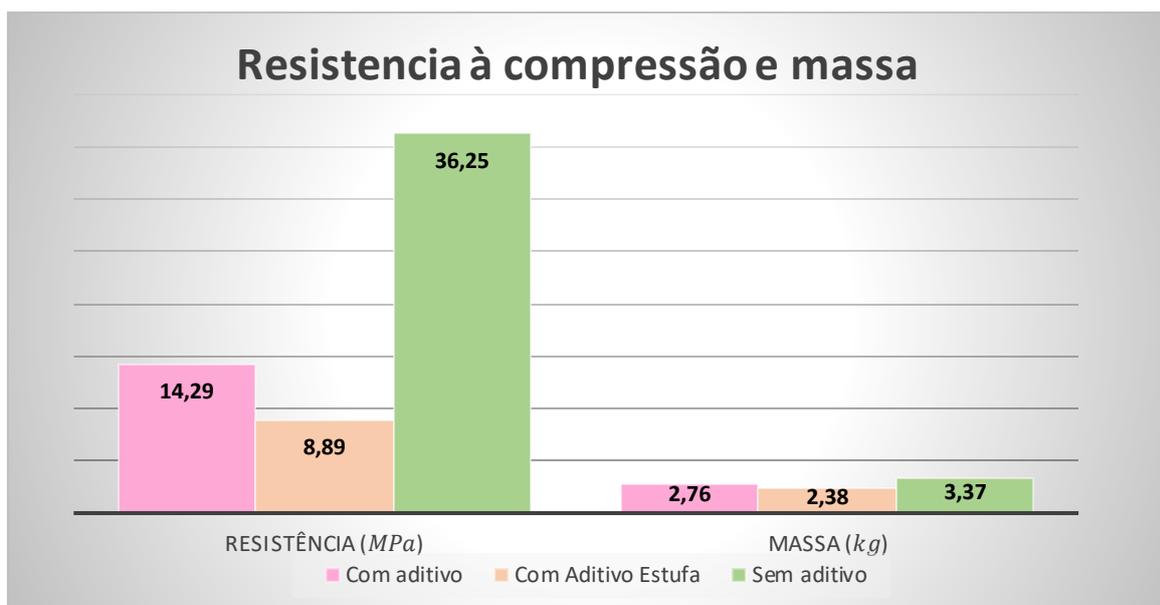


Figura 9 – Média das resistências e massas dos lotes de argamassa. Fonte: autores.

Já nas Tabelas 7 e 8 foi realizado um traço de um concreto convencional com f_{ck} aproximado de 20 MPa estudado na disciplina de Construção Civil no próprio curso de Engenharia do UniSalesiano segundo métodos da INT (Instituto Nacional de Tecnologia), as quais foram moldados e identificados como “*Concreto Convencional Sem Aditivo*” e para os que foram utilizado o aditivo de “*Concreto Convencional Com Aditivo*”.

Tabela 7 – Ensaio à compressão do lote Concreto Convencional sem Aditivo.

CONCRETO CONVENCIONAL SEM ADITIVO							
	N° CP	Força (kN)	Massa (kg)	Tempo (s)	Resistência (MPa)	Taxa carregamento	
14 dias	1	239,96	3,645	64	30,55	0,48	OK
	2	228,00	3,640	53	29,03	0,55	OK
	3	238,00	3,645	56	30,30	0,54	OK
28 dias	4	202,50	3,640	53	25,78	0,49	OK
	5	266,21	3,655	61	33,89	0,56	OK
	6	250,62	3,665	65	31,91	0,49	OK
Con. Conv.	MEDIA	237,55	3,648	58,7	30,25	0,52	OK

Fonte: autores.

Tabela 8 – Ensaio à compressão do lote Concreto Convencional com Aditivo.

CONCRETO CONVENCIONAL COM ADITIVO							
	N° CP	Força (kN)	Massa (kg)	Tempo (s)	Resistência (MPa)	Taxa carregamento	
14 dias	1	35,94	2,640	30	4,58	0,15	NÃO OK
	2	33,01	2,625	25	4,20	0,17	NÃO OK
	3	34,94	2,655	16	4,45	0,28	NÃO OK
28 dias	4	43,71	2,660	12	5,57	0,46	OK
	5	39,03	2,685	14	4,97	0,35	OK
	6	41,15	2,715	12	5,24	0,44	OK
Conc. Conv. Adt.	MEDIA	37,96	2,663	18,2	4,83	0,27	NÃO OK

Fonte: autores.

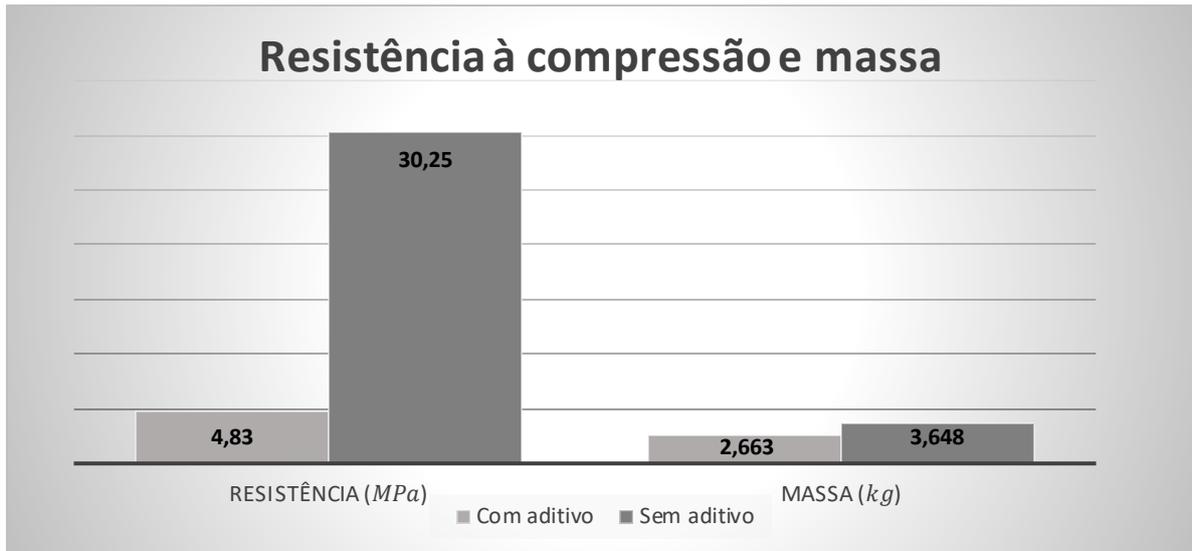


Figura 10 – Média das resistências e massas dos lotes de concreto. Fonte: autores.

A Tabela 9 contém os dados obtido dos corpos de prova do “Solo Cimento Celular” aplicada o aditivo incorporador de ar, onde este traço foi fornecido pela fábrica Tijológico Aracanguá na cidade de Santo Antônio do Aracanguá-SP. Foi feito a moldagem de três tipos de densidades e a confecção desses corpos de prova seguindo a NBR 5738 (2015), usados volumes diferentes do aditivo para cada molde com relação a quantidade de cimento utilizado, que foi dobrado em seu traço, ficando 2 l, 4 l e 6 l de espuma respectivamente.

Tabela 9 – Ensaio à compressão do lote Solo Cimento Celular.

SOLO CIMENTO CELULAR							
	Nº CP	Força (kN)	Massa (kg)	Tempo (s)	Resistência (MPa)	Taxa carregamento	
14 dias	1	46,41	2,515	19	5,91	0,31	OK
	2	15,76	2,295	20	2,01	0,10	NÃO OK
	3	0,40	1,695	10	0,05	0,01	NÃO OK
28 dias	1	39,52	2,390	16	5,03	0,31	OK
	2	26,28	2,105	14	3,35	0,24	NÃO OK
	3	2,14	1,600	20	0,27	0,01	NÃO OK
Solo Cimento	MEDIA CP 1	42,97	2,453	17,5	5,47	0,31	OK
	MEDIA CP 2	21,02	2,200	17	2,68	0,16	NÃO OK
	MEDIA CP 3	1,27	1,648	15	0,16	0,01	NÃO OK

Fonte: autores.

Ao ser verificado na Tabela 14, os exemplares do lote com maior quantidade do aditivo para a moldagem dos corpos de prova notam-se que não passaram na verificação da taxa de carregamento, apenas restando os lotes do CP 1, onde chegaram a quase 5,5 MPa de resistência à compressão, estando apto a sua viabilidade.

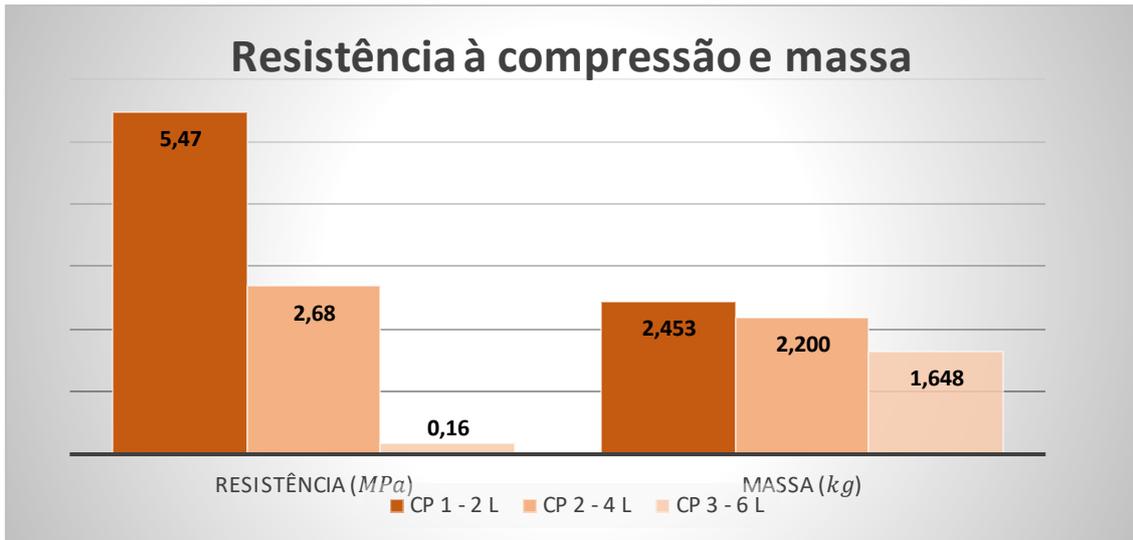


Figura 11 – Média das resistências e massas dos lotes de Solo Cimento Celular.
Fonte: autores.

Na Figura 11 a argamassa composta por solo, cimento e uma pequena quantidade de água, ao adicionado as frações do aditivo ela se tornou inversa no CP 3 como apresentado no gráfico, mantendo-se mínimo a diferença das massas e quase zerando sua resistência.

Para serem nítidas as reduções das massas e mudanças nas resistências dos diferentes corpos de prova, tipos de traços e materiais, foram confeccionados moldes com dimensões maiores de 15 x 30 cm, como analisados na Tabela 10:

Tabela 10 – Ensaio à compressão dos corpos de prova dos lotes de 15 x 30 cm.

CORPOS DE PROVA 15 x 30 cm							
	Nº CP	Força (kN)	Massa (kg)	Tempo (s)	Resistência (MPa)	Taxa carregamento	
14 dias	Arg c/ Adt	217,45	8,885	22	12,31	0,56	OK
	Arg s/ Adt	604,96	11,310	214	34,23	0,16	NÃO OK
	Conv s/ Adt	469,30	12,295	55	26,56	0,48	OK
	Conv c/ Adt	65,34	8,700	19	3,70	0,19	NÃO OK

Fonte: autores.

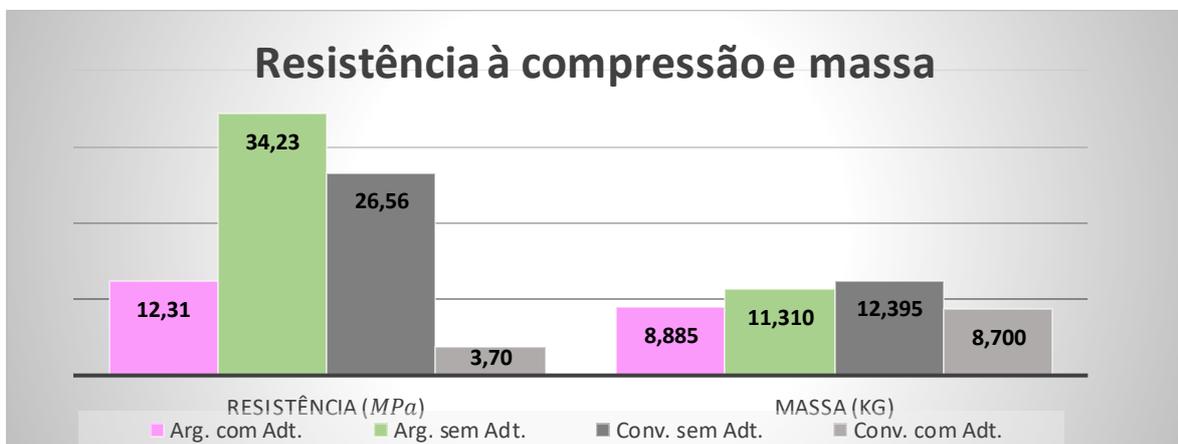


Figura 12 – Análises dos corpos de prova dos lotes com 15 x 30 cm. Fonte; autores.

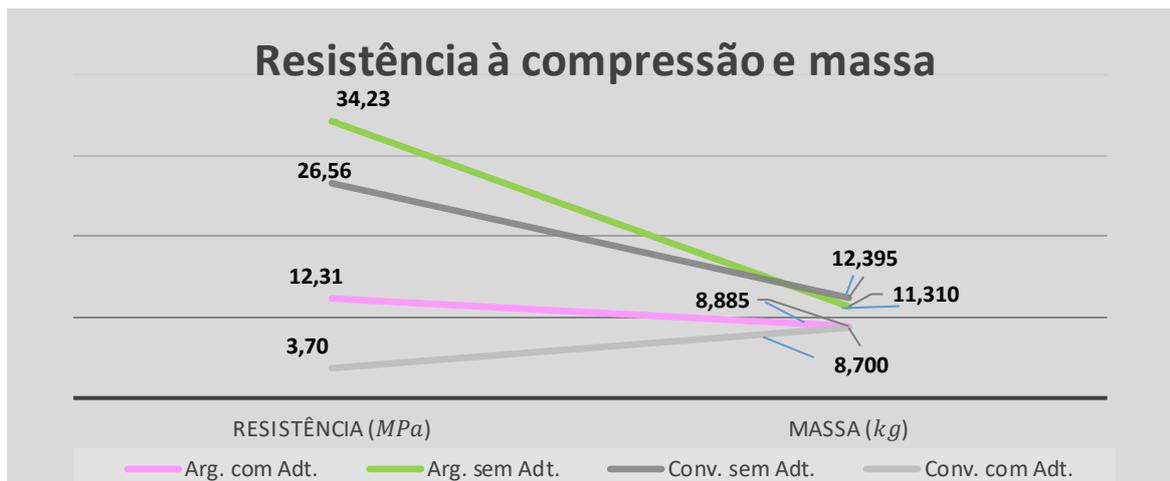


Figura 13 – Comparação dos dados do ensaio à compressão dos lotes 15 x 30 cm.
Fonte: autores.

É possível notar a redução da resistência assim como o da massa de todos os lotes, o corpo de prova do lote Argamassa sem Aditivo tem peso menor ao Concreto Convencional com Brita, o que condiz a influência da brita, mas mantendo uma resistência mais elevada ao mesmo. Já os lotes em que foi usado o aditivo, a massa quase se iguala, mas há alternância nas resistências à compressão, onde a resistência à compressão da argamassa é bem mais elevada quanto aos do concreto.

Conclusões

Com base nos estudos neste apresentado, teve como parâmetro a utilização do conhecimento das novas tecnologias e sistemas na construção civil, o que hoje visa proporcionar uma melhoria do produto quanto à sua execução, estando maleável e com propriedades mecânicas que atendam diversos benefícios. O concreto celular é um desses sistemas, que, principalmente racionaliza os custos, minimiza os desperdícios e apresenta uma melhoria na mão de obra proporcionando uma qualidade maior no resultado final.

O presente trabalho apresentou um estudo sobre a adição do aditivo incorporador de ar no solo cimento, nessa finalidade, tomando como referência as normas técnicas, o estudo realizado avaliou experimentalmente o seu uso nos traços apresentados para serem moldados os corpos de provas.

Referente ao ensaio de resistência à compressão das amostras verificou-se que houve a redução da massa dos corpos de prova em e também redução da sua resistência à compressão ao ser confeccionado com o uso do aditivo incorporador de ar, ambos dentro da expectativa ao longo das pesquisas.

Os resultados dos ensaios demonstram que o concreto celular ensaiado atende aos critérios normativos quanto à densidade de massa aparente seca e à resistência à compressão mínima exigida pelas normas vigentes. Contudo, o resultado observado no solo cimento com a adição do aditivo incorporador de ar não foi satisfatório. Esperava-se que esta adição pudesse reduzir o seu peso específico, mas manter próximo a sua resistência à compressão, mas apenas ficando incapaz a sua moldagem para a obtenção de blocos ou tijolos deste material para uso.

Também foi constatado que a mistura entre o aditivo incorporador de ar e solo utilizado neste trabalho resultou em um produto de difícil moldagem, e aumentava à medida que foi adicionado mais porções do aditivo, já a adição da espuma no concreto convencional, o qual apresenta brita, não se comportou muito bem, pois quase anulou seu efeito caindo muito sua capacidade de carga, contudo, ficando bem próximo do êxito de nosso trabalho o lote realizado com argamassa, em que estavam presentes apenas agregados miúdos, em que a diminuição da resistência à compressão foi razoável e da massa que superou expectativa relacionada à rigidez.

Dando respaldo aos resultados alcançados, temos que a redução da argamassa com o aditivo foi de 70% da resistência à compressão e cerca de apenas 5% da massa se comparado ao concreto convencional com a presença do incorporador de ar.

De acordo com os resultados obtidos dos corpos de prova, conclui-se que faz necessário, portanto, o aprofundamento do conhecimento acerca deste material, por meio de novos estudos e pesquisas experimentais que relacionem a substância em outras misturas, em busca das melhores condições para que o aditivo incorporador de ar cause efeitos positivos ao solo cimento não interferindo drasticamente nas suas propriedades mecânicas, tais como na resistência à compressão.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438**: Blocos de Concreto Celular Autoclavado. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13440**: Blocos de concreto celular autoclavado – Verificação da densidade de massa aparente seca – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 14956**: Blocos de concreto celular autoclavado – Execução de alvenaria sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 8491**: Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 8492**: Tijolo maciço de solo-cimento — Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo cimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 10834**: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

BARBOSA, N. P. S; GHAVAMI. K. Terra Crua para Edificações. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010, 2ª. Ed. v.2. Cap.25. p.1565 – 1598.

CORTELASSI, E. M. **Avaliação do comportamento de concretos celulares espumosos de alto desempenho**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

CORTELASSI, E. M.; TORALLES-CARBONARI, B. M. **Avaliação da resistência mecânica de concretos celulares espumosos de alto desempenho.** In: GERAÇÃO DE VALOR NO AMBIENTE CONSTRUÍDO: INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008. Não paginado.

ECOPORE. **Concretos celulares - Densidades.** Disponível em: <<http://www.ecopore.com.br/ecofoam/>>, acesso em 05 de jun. 2018.

FERREIRA, O. A. R. **Concretos leves: o concreto celular espumoso.** 1986. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1986.

FERREIRA, Regis de Castro. **Desempenho físico-mecânico e propriedades termo físicas de tijolos e mini-painéis de terra crua tratada com aditivos químicos.** Campinas, SP: 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

FIGUEIROLA, Valentina. **Alvenaria de Solo-cimento.** TÉCHNE, Ed. 85, abril-2004, Pgs. 30-36.

GLEIZE, P. J. P. Nanotecnologia e materiais de construção. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de matérias.** 1.ed. São Paulo: Ibracon, 2011. p. 1881.

LEMES, K. **Característica físico-mecânica e produção de tijolo solo-cimento com solo da cidade de Caçador-SC.** Cidade de Caçador-SC 2016.

LEGATSKI, L. M. **Cellular concrete: significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials.** Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1978. p. 836-851. (ASTM 169B).

MALLMANN, P. F. **Concreto de pós reativos: adição de nanosílica.** Porto Alegre, 2013. 67 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MOTA, Jacqueline Ávila Ribeiro. **“Influência da Junta Vertical na Resistência à Compressão de Prismas em Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto e Blocos de Concreto Celular Autoclavado”**. Belo Horizonte: UFMG, 2001. 223 p. Dissertação (Pós-Graduação) – Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997.

PIROLI, E. **Construções de Edifícios I**, notas de aula. COTEC, 1985.p. 21-23

SEGANTINI, A. A. S; ALCÂNTARA M. A. M. Solo-cimento e Solo – Cal. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010, 2ª. Ed. v.2. Cap.27.p.864 – 891.

TAVEIRA, Eduardo Salmar Nogueira e. **CONSTRUIR MORAR E HABITAR: o solo-cimento no campo e na cidade**. São Paulo: Ícone Editora, 1987. 120 p.

TEIXEIRA FILHO, F. J. **Considerações sobre algumas propriedades dos concretos espumosos**. 1992. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1992.

THOMAZ, C. A. **Paredes monolíticas de solo-cimento**: Hospital Adriano Jorge, Manaus, 1950-1976. 3ª Ed. São Paulo: ABCP, 1979. 55p.

UCHIMURA, M.S., **Dossiê Técnico - Solo-cimento**. Instituto de Tecnologia do Paraná, 2006. 21p.

Erros de execução e patologias em obras civis no município de Fernandópolis - SP

Errors of execution and pathologies in civil work in the municipality of Fernandópolis - SP

Flávio Ventura da Silva Araújo¹
André Luís Gamino²
Giuliano Mikael Tonelo Pincerato²
Cleverson Arenhart²

RESUMO

Para este trabalho, foram feitas visitas técnicas em obras civis que possuem os devidos erros, principalmente aqueles que divergem totalmente as normas ABNT e também o código de obras do município de Fernandópolis - SP. Neste sentido, o trabalho visou abordar as principais causas que originaram tais patologias recorrentes a falta de cobrimento mínimo de concreto nas vigas e pilares em questão e definindo os sistemas de recuperação, estabelecendo a conduta a partir da escolha de uma melhor alternativa de intervenção. Os resultados obtidos mostraram que as estruturas de concreto armado afetadas pela rápida deterioração devido a falta de cobrimento mínimo estabelecido pela NBR 6118 (2014), tem sua vida útil reduzida devido a perda de capacidade resistente do aço, que acabaram ficando expostos e submetidos a ataques químicos, situação que, afeta a segurança da edificação devido a corrosão do material e encarece o custo inicial não previsto em projeto para possível recuperação das estruturas enferma. **Palavras-Chave:** patologias, recuperação, concreto armado, erros de execução.

ABSTRACT

For this study, were made technical visits in construction that have the due errors, mainly those that totally disagree with ABNT norms and also the code of construction of the municipality of Fernandópolis - SP. In this meaning, the aim of this study is to address the main causes that gave rise to these recurrent pathologies, the lack of minimum concrete cover in the beams and pillars in question and defining the recovery systems, establishing the behavior from the choice of a better intervention alternative. The obtained results showed that the reinforced concrete structures affected by the rapid deterioration due to the lack of minimum covering established by NBR 6118 (2014), have their useful life reduced due to the loss of resistant capacity of the steel, that ended up being exposed and subjected to attacks This situation affects the safety of the building due to corrosion of the material and increases the initial cost not foreseen in project for possible recovery of the diseased structures.

Key-words: pathology, recovery, reinforced concrete, execution errors

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

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

Introdução

Em se tratando de um projeto sobre erros de execução, pode-se dizer que esses conhecimentos são de grande valia aos graduandos para que futuramente os engenheiros recém-formados não possam cometê-los em detrimento a sua carreira.

Tais erros acontecem quando não há por parte do profissional responsável pela obra, no caso o Engenheiro Civil, a devida orientação e acompanhamento do serviço no momento em que está sendo executado.

As patologias simples podem ser resolvidas sem a necessidade de o responsável ser especializado, diferente das complexas, que precisam de uma melhor inspeção, obrigando uma análise mais profunda no problema (SOUZA, 1998).

Segundo Souza (1998) “a modernização não implica se a obra esta relacionada apenas ao usuário direto, mas também a coletividade no qual se insere, e as exigências desta coletividade devem ser atendidas”.

É importante ressaltar que um projeto bem elaborado, contendo detalhamento de serviços mais complexos, evita que muitos erros aconteçam por falta de informações que são importantes para a perfeita execução da obra.

Mestres de obras e pedreiros devem seguir as orientações do responsável pela obra, pois nunca serão responsabilizados pelos erros cometidos, sendo esses erros sempre atribuídos ao Engenheiro.

Quando as falhas são frutos de um estudo preliminar, elas são responsáveis pelo encarecimento da execução, enquanto as que são oriundas durante a realização do projeto, são responsáveis pelos problemas patológicos sérios.

Defeitos na construção são falhas bastante frequentes, na maioria dos casos, essa deficiência provém da falta de qualificação profissional da equipe técnica, podendo levar a estrutura a manifestar problemas patológicos significativos (SOUZA; RIPPER, 1998).

Ao analisar uma estrutura “doente” para diagnosticá-la, é necessário entender o surgimento e o desenvolvimento da doença, buscando esclarecer as causas, pois conhecendo as origens possam proceder corretamente os reparos para garantir que a mesma não volte a se deteriorar.

Vale ressaltar que grande parte das patologias são derivadas de erros humanos, os chamados erros de execução.

Quando se pretende que uma edificação atinja o nível máximo de qualidade desejada, deve ter conformidade com os requisitos de satisfação do cliente junto a um preço acessível.

Para garantir que a qualidade da edificação seja plena, junto com a satisfação do cliente deve ter a facilidade de execução e uma possibilidade facilitada de manutenção, garantindo um fiel atendimento ao projeto, possibilitando uma extensão a vida útil da obra.

Como o país ainda não atingiu a evolução desejada em determinados princípios básicos no quesito qualidade, alguns tópicos que contribuí para que isso aconteça são: os projetos que não são incorporados à obra, e a falta de mão de obra qualificada, além dessas causas, a teoria e a prática da parte construtiva, não estão associados no domínio da construção civil (VANNI, 1999).

Os erros construtivos e as patologias apresentadas nas edificações são extremamente importantes, podendo assinalar um estado de perigo potencial para a estrutura, onde além de encarecer o custo inicial previsto em projeto, pode provocar insegurança, e revolta ao cliente.

Este projeto foi desenvolvido baseado em alguns erros que são cometidos na área da construção civil, principalmente aqueles que infringem as normas ABNT, na cidade de Fernandópolis - SP, tanto por mestres de obras que não possuem conhecimentos suficientes para a execução dos serviços, como também pela falta de acompanhamento técnico do Engenheiro Civil durante o andamento da obra.

Por intermédio da classificação dos erros, dos estudos preliminares e aprofundados das causas e as consequências que os mesmos podem provocar nas edificações, são ações fundamentais para conscientizar não só as construtoras e os profissionais da área, mas, também aquele que pretende adquirir uma equipe profissional de trabalho, sempre atentando se haverá um projeto legal com todos os requisitos exigidos para início da construção.

Materiais e métodos

Este artigo propôs um estudo preliminar sobre a qualidade da estrutura utilizando métodos de investigações, relato dos problemas e por intermédio dos conceitos coletados foi aplicado a metodologia básica para a solução dos problemas propostos.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados artigos científicos, livros, as normas NBR 6118 (2014), 9574 (2008), 9050 (2015) e o Código de Obras do Município de Fernandópolis, Lei nº51 – Resolução nº 165/2018.

Os erros cometidos em pilares de concreto estão relacionados frequentemente à má qualidade da mão de obra empregada, falta de conhecimento por parte de quem está executando o serviço, principalmente teórico, visto que na sua maioria os pedreiros e mestres de obras são trabalhadores com pouco estudo, tendo iniciado as suas profissões diretamente na parte prática sem terem sido orientados e ensinados corretamente.

Um caso analisado foi a de fissuras em pilares de concreto armado de um edifício e a exposição de armadura dos mesmos onde futuramente pode sofrer vários ataques.

A figura 01 abaixo representa o procedimento investigativo das patologias.



Figura 01- Procedimento investigativo. Fonte: autores.

Os materiais estão pré-dispostos a deterioração por meio de substâncias químicas, principalmente por soluções ácidas. Mesmo não estando em contato direto com meios agressivos, que apresentam teores de produtos químicos, pode reagir com elementos que compõem o meio ambiente (THOMAZ, 2003).

Quando os materiais entram em contato com elementos como H_2O e O_2 desencadeiam reações químicas que alteram suas propriedades convertendo em composto ácidos altamente nocivos, sendo assim surgem as manifestações patológicas.

A NBR 6118 (2014) tem prescrito que dependendo da classe de agressividade ambiental, cada tipo de estrutura deve ter uma espessura mínima de cobrimento, como indicado na tabela 01 abaixo.

Tabela 01 – Valores mínimos de cobrimento de concreto.

Tipo de Estrutura	Componente ou Elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento Nominal (mm)			
Concreto Armado	Lajes	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50

Fonte: NBR 6118 (2014).

No dimensionamento de peças estruturais, seja em concreto armado ou alvenaria, vários fatores são considerados no cálculo para que esta estrutura tenha a resistência necessária para suportar as cargas a que será submetida, a começar pelo seu peso próprio.

Nas vigas de concreto armado, cabe ao concreto a função de absorver os esforços de compressão, sendo normalmente desprezada a sua pequena resistência à tração e ao aço a função de absorver todos os esforços de tração auxiliando o concreto a resistir aos esforços de compressão, quando necessário.

A agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Tabela 02 e pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes.

Tabela 02 – Classificação das agressividades ambientais.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural/Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha/Industrial	Grande
IV	Muito Forte	Industrial/Respingos de maré	Elevado

Fonte: NBR 6118 (2014).

A Norma 6118 (2014) também estabelece um limite máximo para abertura de fissuras onde é indicado em qual “estado” a estrutura pode estar submetida.

No item 14.2.1 da NBR 6118 (2014) diz que o objetivo da análise estrutural é determinar os efeitos das ações em uma estrutura, com a finalidade de efetuar verificações dos estados limites-últimos e de serviço.

Na Tabela 03 é indicada as exigências de durabilidade relacionada à fissura à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental.

Tabela 03 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração.

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviços a utilizar
Concreto simples	CAA I e CAA IV	Não Há	-
Concreto armado	CAA I CAA II e CAA III CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente

Fonte: NBR 6118 (2014).

No caso de pilares de concreto a forma de avaliação foi verificar se há existência de aberturas de fissuras (ELS-W) ou de exposição de armaduras decorrente a não orientação do engenheiro responsável segundo aos requisitos exigidos em norma 6118 (2014), onde diz que a diminuição das armaduras, geralmente provocada pelo deslocamento da armadura no lançamento de concreto, por ausência ou insuficiência de pastilhas, facilita o ataque da corrosão.

Assim como no caso de pilares, com as vigas de concreto armado devem-se tomar as mesmas precauções no momento de executá-las.

De uma forma geral, o dimensionamento de vigas de concreto armado submetidas à flexão simples implica nas seguintes etapas:

Levantamento dos esforços:

- Definição dos materiais: aço e concreto
- Definição da forma e dimensões da seção transversal
- Cálculo das armaduras de flexão
- Detalhamento

Na execução de vigas de grandes dimensões, especialmente se o concreto for aparente, é importante que se faça a vibração do mesmo no momento da concretagem para evitar que no interior da viga ou externamente fiquem espaços vazios que venham a comprometer a estrutura.

Esse cobrimento é importante e tem por finalidade proteger a armadura da viga contra as intempéries e a conseqüente corrosão da mesma, garantindo a sua vida útil.

Para garantir a durabilidade da estrutura é preciso considerar o meio ambiente do local em que ela será construída, assim como os materiais de construção disponíveis e as práticas construtivas adotadas para cada região. (RACANICCHI, 2015).

Resultados e discussões

1.1 Erros em pilares de concreto armado

Tabela 04 – Análises diagnosticadas do pilar com exposição de armadura.

Imóvel: Edifício Atlântis - Av. Marquês Rosa; 1075 – Centro, Fernandópolis - SP

Erro detectado:

A _____ Projeto ()

B _____ Execução (X)

C _____ Estético ()

Descrição do erro:

Exposição da armadura dos estribos em dois pilares no pavimento térreo.

Patologia:

Corrosão do aço, devido à exposição por meio de ataques químicos.

Propostas de intervenção:

- Deve ser delineada com giz a parte do concreto que será destacada;
- Remoção do concreto destacado.

O concreto solto deve ser retirado para se obter uma melhor ponte de aderência no processo de manutenção.

- Limpeza das barras danificadas;

Depois de feita a limpeza das barras de aço, deve ser aplicada uma pintura a base de resina epóxi com o intuito de reduzir a geração de ânodos, formando uma barreira física e galvânica.

O produto escolhido, que atende as especificações para a manutenção foi:

- Protetor de Armadura da Quartzolit (Anexo A).

Após a armadura receber o processo de proteção, começa a recomposição do cobrimento do concreto, com material não muito fluído para não prejudicar a trabalhabilidade devendo preencher todos os vazios.

O material deve ser composto de cimento Portland, agregados graúdos e miúdos e presença de aditivos para obter uma resistência necessária e não se soltar.

Um dos produtos que melhor atende as especificações desejadas é:

- Super Graute da Quartzolit (Anexo B).
-

Quando feito o *grauteamento*, é necessário um processo de cura para evitar perda de água devido à evaporação, conseqüentemente evitando à abertura de fissuras recorrente a retração de secagem, o agente de cura deve formar uma película contínua de baixa permeabilidade.

Um produto da Quartzolit atende os requisitos necessários:

- Cura Pavi (Anexo C).

Lembrando que todos os produtos aqui especificados foram escolhidos pelo autor do trabalho, podendo ser similares.

Fonte: autores.

A estrutura do edifício é composta por lajes, vigas, pilares e as alvenarias externas e as de fechamento foram executadas em bloco cerâmico de vedação.

A norma regulamentadora NBR 6118 (2014) diz que o cobrimento da armadura dependendo da classe de agressividade varia entre 20 mm e 55 mm.

Como o pilar vistoriado foi construído em local urbano, o item 6.4.2 da mesma norma, complementa que a classe de agressividade é moderada e o risco de deterioração da estrutura é pequeno.

Já a tabela 7.2 da NBR 6118 (2014), que indica a correspondência entre a agressividade ambiental e o cobrimento nominal do concreto, apresenta um cobrimento mínimo do concreto a ser obedecido de 30 mm.

Na parte onde a armadura do pilar está exposta, foi possível observar que não foi obedecido esse limite mínimo de cobrimento.

A armadura exposta não tem sinais de perda de seção, então não será necessário fazer o processo de substituição das barras de aço.

A Figura 2 mostra a perspectiva da fachada do edifício, e as figuras 3 e 4 mostram o rompimento externo do concreto do pilar, deixando a armadura do estribo exposta, ficando sujeita a oxidação e conseqüentemente o comprometimento da estrutura do pilar.



Figura 02 – Perspectiva da Fachada do Edifício Atlântis. Fonte: autores.



Figura 03 – Pilar com estribo Exposto (I). Fonte: autores.

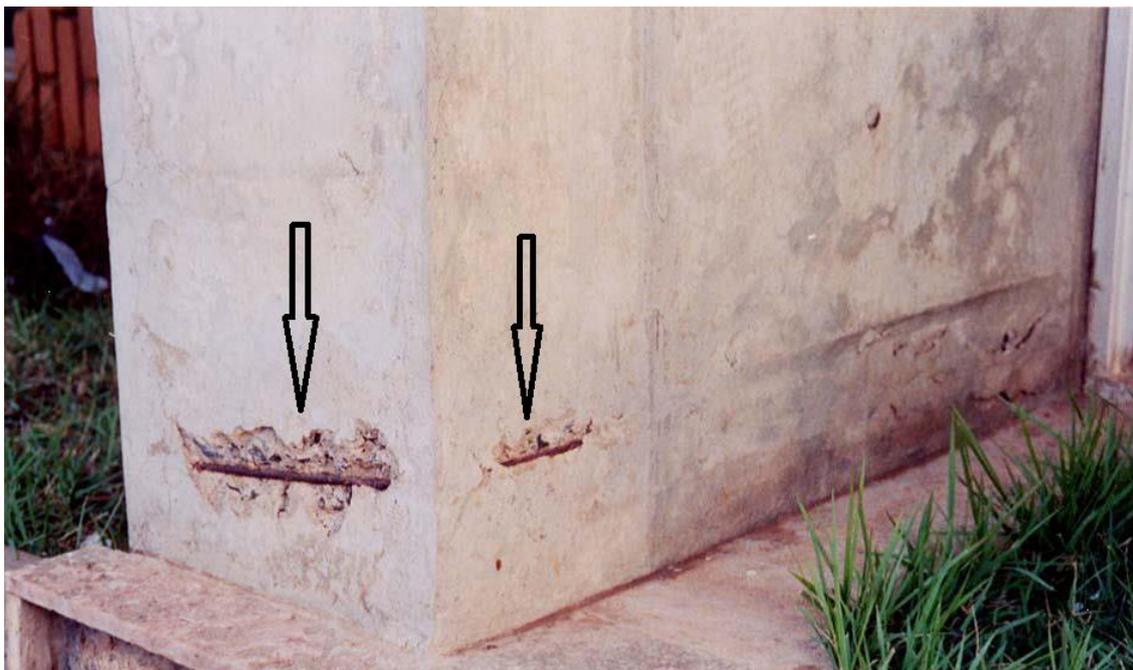


Figura 04 – Pilar com estribo Exposto (II). Fonte: autores.

Pilar com apresentação de fissuras

Tabela 05 – Análises diagnosticadas do pilar com apresentação de fissuras.

Imóvel: Edifício Atlântis - Av. Marquês Rosa; 1075 – Centro, Fernandópolis - SP
Erro detectado: A_____ Projeto (X) B_____ Execução () C_____ Estético ()
Descrição do erro: O pilar tem indícios de sobre carregamento.
Patologia: Fissura devido a um possível recalque de fundação
Propostas de intervenção: <ul style="list-style-type: none"> • Limpar as fissuras. <p>É necessário reabrir a fissura para melhor penetração do produto com uma ferramenta apropriada e atentar para que a superfície esteja limpa e seca, livre de pó ou partículas soltas e de algum produto como óleo ou graxa que impossibilite a aderência do produto que será lançado.</p>

Após a abertura da fissura e limpeza é necessário a injeção de um produto a base de resina epóxi de baixa viscosidade e isento de solventes, possibilitando o total preenchimento das fissuras e evitando que o ar fique preso dentro da junta, para recompor os elementos estruturais do concreto.

Um produto adequado para esse tipo de manutenção é da marca Quartzolit:

- Tecbond WT (Anexo D).

Por fim o produto deve ser alisado com um liquido alisador para se obter uma superfície esteticamente perfeita.

Fonte: autores.

O pilar fissurado apresentou uma abertura de 0,5 mm, medido através de um escalímetro na escala 1:100, a possibilidade de erro na medida não é descartada, pois existe uma régua apropriada que mede a abertura e o ângulo sem erro.

Como a abertura da fissura se apresentou abaixo de 1 mm, a intensidade do dano é leve e o efeito que pode ocorrer na estrutura é apenas estético, podendo ter deterioração acelerada no aspecto externo.

A Figura 05 indica a fissura do pilar do pavimento térreo do edifício.

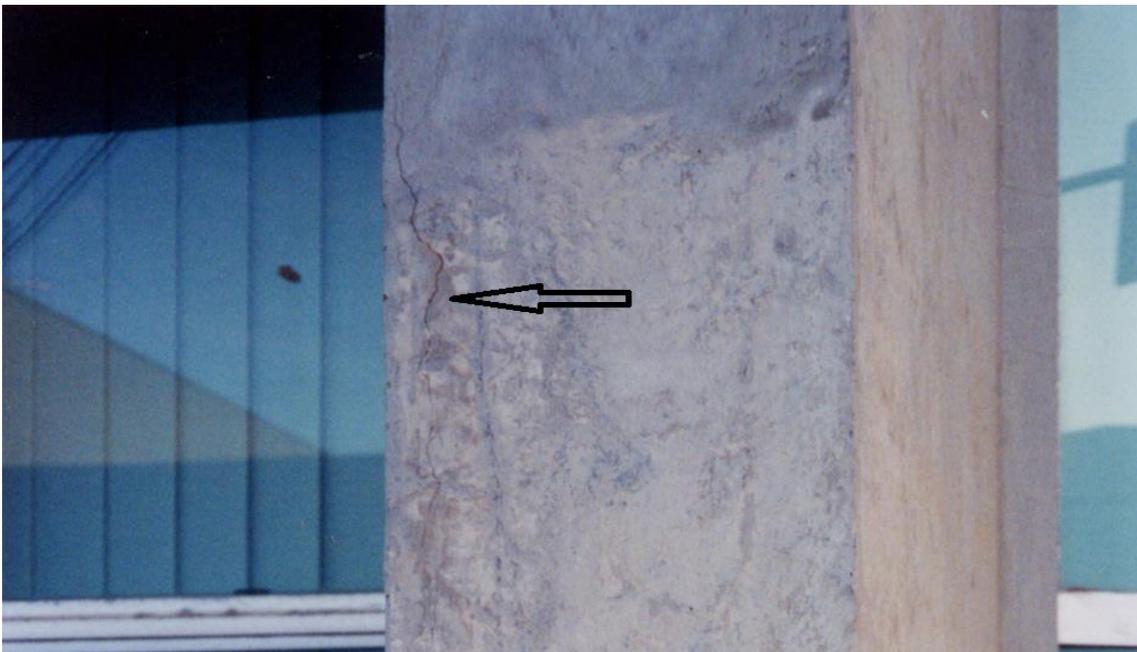


Figura 05 – Pilar Fissurado. Fonte: autores.

1.2 Erro em viga de concreto armado

Tabela 06 – Análises diagnosticadas de uma viga com exposição de armadura.

Imóvel: Residência Familiar
<p>Erro detectado:</p> <p>A_____ Projeto ()</p> <p>B_____ Execução (X)</p> <p>C_____ Estético ()</p>
<p>Descrição do erro:</p> <p>Exposição da armadura dos estribos da viga de um muro residencial.</p>
<p>Patologia:</p> <p>Corrosão e perda de seção do aço, devido à exposição por meio de ataques químicos.</p>
<p>Propostas de intervenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remoção do concreto destacado; • Limpeza das barras danificadas. <p>A limpeza deve ser feita para se obter uma melhor ponte de aderência entre o produto que será usado para recomposição do cobrimento e o concreto antigo.</p> <p>Como os estribos foram quebrados devido à corrosão e perda de seção do aço, os mesmos devem ser substituídos por outros com as mesmas seção e bitola.</p> <p>Depois de feito a substituição dos estribos afetados, é necessária fazer uma proteção na armadura onde está afetada pela corrosão e não houve perda de seção, formando uma barreira física e galvânica para evitar a geração de ânodos que prejudicam seriamente a armadura.</p> <p>Será usado o mesmo produto de proteção de armaduras que foi usado na recomposição do pilar referido acima.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protetor de Armadura (Anexo A). <p>Depois de feito a proteção da armadura, é necessária a recomposição do cobrimento da armadura para evitar que ela fique exposta e conseqüentemente sofrer uma nova corrosão, para isso é usado um produto composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos especiais, a fim de obter uma resistência adequada para não se soltar do concreto antigo.</p> <p>O produto a ser usado ou similar é da marca Quartzolit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do produto Super Graute para recompor o cobrimento (AnexoB).

- Aplicação do produto Cura Pavi para acabamento da superfície e obter uma cura correta (Anexo C).

O produto Cura Pavi da Quartzolit é aplicado após o *grauteamento*, é uma película contínua de baixa permeabilidade que impede a absorção da água devido a evaporação obtendo uma correta cura.

Por fim a estrutura estará pronta para receber os revestimentos requeridos pelo cliente.

Fonte: autores.

Por ser urbana a classe de agressividade é moderada e a viga deveria ter um cobrimento mínimo exigido por norma de 30 mm.

Nas Figuras 06 e 07 pode ser visto o exemplo de uma viga de concreto armado mal executada, sem o cobrimento correto da armadura podendo ser vista de uma distância nem tanto aproximada.



Figura 06 – Armadura exposta vista de longe. Fonte: autores.

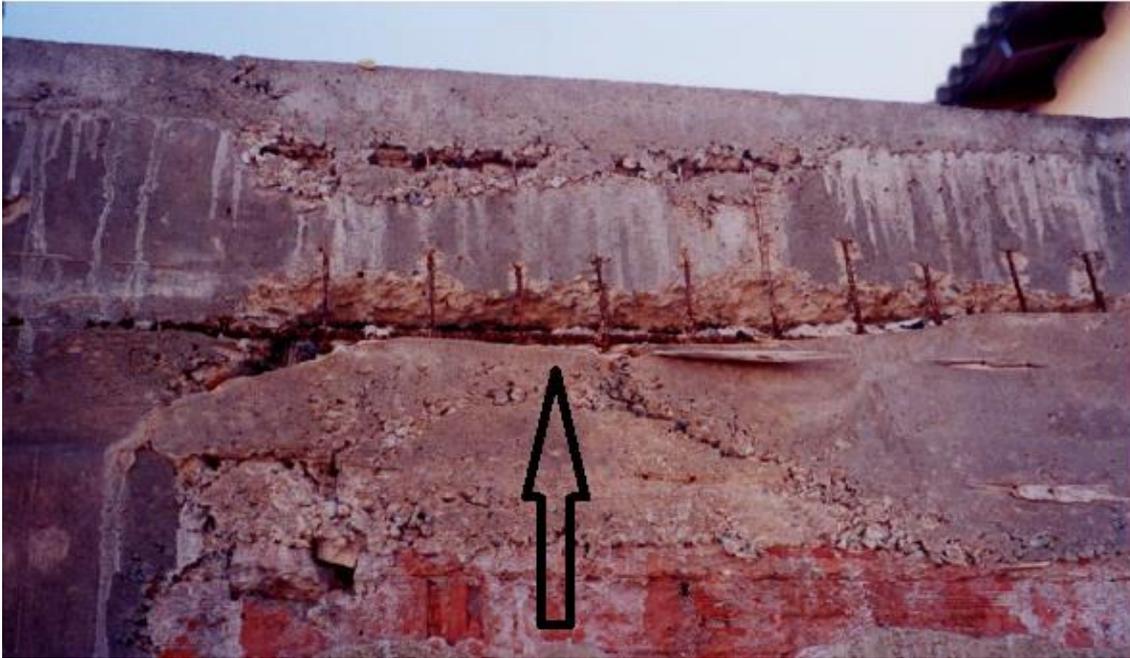


Figura 07 - Deslocamento da armadura da viga. Fonte: autores.

Deve-se observar também o cobrimento das barras de aço por uma camada de concreto.

A vida útil de uma estrutura pode ser dividida em duas fases; a fase de início de deterioração e a de propagação da deterioração. Na fase de início de deterioração, a estrutura não apresenta sinais de enfraquecimento, mas as barreiras de proteção da armadura já foram quebradas.

Na segunda fase, a de propagação da deterioração, ocorre a corrosão da armadura e a deterioração progride com rapidez até extinguir a vida útil da estrutura.

Tentar corrigir a perda de cobrimento aplicando argamassa é absolutamente errado e, portanto não recomendado tal procedimento.

Maquiar a estrutura apenas esconde o defeito, permitindo a continuidade da corrosão, que irá destruir aos poucos a armadura que é essencial à estabilidade.

Se a corrosão na armadura continuar, o colapso da estrutura poderá ser brusco, sem aviso prévio perceptível a olho nu.

A viga analisada possui um comprimento de 3,50 m e dimensões de seção 14 cm x 20 cm, as armaduras longitudinais são compostas por barras de aço \varnothing 8,00 mm e os estribos \varnothing 5,00 mm com espaçamento entre eles de 20 cm. A viga só tem como carregamento o seu peso próprio.

Conclusões

Os problemas patológicos que apresentaram nos pilares devido à má qualidade executiva, onde não foram obedecidos os limites mínimos de cobrimento estabelecidos pela NBR 6118 (2014) se não receber manutenção de reparo necessária, em alguns dias o aço exposto terá perda de seção e apresentará sinais de perda de resistência, podendo comprometer a estrutura, o pilar fissurado apresentou uma abertura abaixo de sinais de enfraquecimento estruturais, deixando o dano leve e o comprometimento da estrutura somente estético, mas com o tempo pode sofrer deterioração no aspecto externo.

A viga de concreto armado apresentou sinais de perda de capacidade resistente, pois está em estágio acelerado de perda de seção do aço, se não for tomada medidas cabíveis para recuperação da estrutura, certamente virá a ruptura.

Cabe aos Engenheiros Civis, conscientizar as pessoas do quanto é importante que sejam consultados a respeito da obra, antes mesmo da compra do terreno, evitando-se assim vários transtornos no decorrer da construção.

Portanto, vale ressaltar que nenhum serviço de engenharia pode ser executado sem que se tenha um responsável técnico.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238p.

VANNI, Cláudia. **Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. 1999.

Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm>>

Acesso em: 10 abr. 2018.

SOUZA, Vicente C. M.; RIPPER, Thomaz. **Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

RACANICCHI, Roberto. **Construções de Concreto II – Parte IV; Pilares** / Roberto Racanicchi. – (Engº. Civil Prof. MSc.) Fernandópolis: Universidade Castelo Branco – UNICASTELO, 2015.

THOMAZ, Eduardo C. S. **Fissuração: Casos Reais**. Artigo Científico, Rio de Janeiro-RJ, 2003 - 283 pg.

Disponível em: <<http://aquarius.ime.br/webde2/prof/ethomaz/fissuracao.html>>

Acesso em: 25 set. 2018.

Produção de biogás proveniente de vinhaça

Production of Biogas from Vinasse

Dayane Ariela Murari Correia¹
Fernanda Cristina Firme¹
Júlia Gonçalves Barretto¹
Joice Fernanda Di Caprio²
Natalia Felix Negreiros³
Denise Junqueira Matos⁴

RESUMO

A vinhaça vem sendo muito utilizada na fertirrigação das lavouras de cana, por ser um resíduo muito poluidor, surge uma alternativa, o biogás, uma mistura de dióxido de carbono e metano, utilizado como combustíveis de fogões e motores. Devido esse resíduo não conter muitos microrganismos para ocorrer a digestão anaeróbica, utiliza-se o lodo, subproduto da estação de tratamento de água, que contém alta taxa microbiológica. Durante o processo construiu-se um biodigestor caseiro, e realizou-se testes de caracterização da matéria-prima, obtendo uma pré-avaliação do rendimento de produção, indicando a eficácia da conversão da vinhaça e lodo para o biogás, adquirindo 0,3203 mols de metano, caso transcorra maior tempo de biodigestão, e um controle rigoroso de temperatura, os resultados serão mais satisfatórios.

Palavras-Chave: Biodigestor, Biogás, Digestão Anaeróbica, Vinhaça

ABSTRACT

The vinasse is being used in sugar canefertirrigation, because it is a polluter residue, there is an alternative, the biogás, a mixture of carbon dioxide and methane, used as fuel for stoves and engines. Because of not having a lot of microorganisms in this residue to occur the anaerobic digestion, the mud is used, water treatment station sub product, which contains a high microbiologic tax. During the process it is built a home biodigestor, and raw material tests were done, getting a pre-assessment of the production in come, indicating the efficiency of the vinasse and moss conversion to biogás, 0,3203 mols of methane, in case it happens a longer biodigestion time, a strict temperature control, the results will be satisfactory.

Key words: Anaerobic digestion, Biodigestor, Biogas, Vinasse

Introdução

Emergem-se estímulos para o desenvolvimento de tecnologias, voltadas a novas fontes energéticas renováveis no mundo todo, devido as incessáveis crises no setor

(PETROBRAS,2007). Diversas alternativas e soluções foram propostas, criando novos mercados neste mundo de geração de energia. Nesses cenários surgem as fontes conhecidas como energias renováveis, abundantes, naturais e de zero impacto ao meio ambiente (GRANATO,2003).

Dentre as tantas tecnologias utilizadas para tratamento de resíduos e efluentes orgânicos visando seu aproveitamento em energia limpa, surge o biogás, um composto resultante da fermentação sem presença de oxigênio, que tem por finalidade a recuperação de energia, por meio do aproveitamento dos gases, provenientes da degradação da matéria orgânica, bem como, prevenir a poluição ambiental (SALOMON;LORA,2005).

O processo de digestão anaeróbica por meio de digestores ou reatores, visa controlar o processo de digestão, fazendo-se assim um ecossistema para que microrganismos trabalhem em condições ideais, convertendo a matéria orgânica em um biogás, o mesmo pode ser classificado como um processo interessante, visto que, proporciona o tratamento de resíduos e gera energia renovável que pode retornar ao sistema de produção convertida em um biogás, energia elétrica ou térmica (GEHRING,2014).

Um dos mais importantes resíduos da produção de etanol, a vinhaça, vem sendo utilizada como fertilizante na lavoura de cana-de-açúcar, podendo ser aplicada dependendo da condição do solo em uma proporção entre 120 a 400 m³, sendo a mesma gerada em uma proporção de 10 a 18 litros para cada litro de etanol produzido (GRANATO,2014).

A vinhaça apresenta de 2% a 6 % de constituintes sólidos, rica em potássio, cálcio e magnésio, possuindo ainda, uma alta taxa de carga orgânica em contrapartida com seu histórico poluidor devido ao seu descarte incorreto na natureza levando a contaminação de solos e rios (MELLISSA;NORI;LINO,2007).

A vinhaça necessita da utilização de algum tipo de lodo anaeróbico, para aumento de sua atividade metanogênica, pois não se gera lodo da vinhaça. Dessa forma pode-se utilizar lodo de estação de tratamento de água (ETA), devido ao baixo custo (COSTA,2014).

Alguns biogases já estão em uso como alternativa sustentável, como o uso da matéria orgânica que possui o potencial de gerar energia com a sua decomposição, há vários exemplos de resíduos orgânicos que podem ser utilizados no processo de

decomposição, como estrumes de suínos e bovinos, resíduos gerados em destilarias que contém alto teor de matéria orgânica (COELHO,2006).

O presente trabalho teve por foco produzir e mensurar o biogás decorrente da fermentação por microrganismos de lodo de estação de tratamento de água em vinhaça, e comprovar sua viabilidade por meio da determinação de sólidos e teor de umidade.

Material e métodos

Coleta e preparo da matéria prima

Para o desenvolvimento deste experimento utilizou-se 20 litros de vinhaça, proveniente de uma usina de açúcar e álcool, tendo também a presença de 5 litros do lodo, adquiridos em uma empresa de estação de tratamento de água, onde realizou-se a determinação de pH através das fitas indicadoras de pH, e análises de sólidos e teor de umidade.

Caracterização da matéria prima

As análises foram conduzidas no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba/SP, que ficaram estabelecidas em análise de pH, determinação de sólidos e teor de umidade, que em sua totalidade foram conduzidas antes do processo de biodigestão. O teste de determinação de pH foi realizado através da leitura de fitas indicadoras de pH. O segundo teste diz respeito a determinação de sólidos, no qual foi levado para a mufla aquecida a 550°C duas cápsulas de porcelana durante 1 hora, após foram retiradas, encaminhadas para o dessecador e pesadas em seguida. Colocou-se 100mL das amostras de vinhaça e lodo nas cápsulas, levadas a banho-maria para que as amostras fossem evaporadas até a secura. Com o banho-maria desligado, esperou-se o resfriamento das cápsulas e foram retiradas. Foram introduzidas a estufa a uma temperatura de 103-105°C, até secagem completa, durante 1 hora. Esperou-se as cápsulas esfriarem, e posteriormente pesadas.

O terceiro teste refere-se ao teor de umidade, onde pesou-se 5g de vinhaça, e 5g de lodo, e encaminhou o material para a estufa durante 24horas a uma temperatura de 130±1°C, e posteriormente manteve-se em um dessecador de atmosfera controlada até atingir a temperatura ambiente (PÊGO, REGINATO, 2011).

Construção do biodigestor

O trabalho contou com a construção de um biodigestor, com capacidade de 30 litros, apresentando entradas para alimentação e saída do substrato, e uma saída para vazão do gás gerado através de uma mangueira de polietileno flexível com diâmetro de 4 mm, acoplado a uma campânula com capacidade de 50 litros para o preenchimento dos gases produzidos no decorrer do trabalho. Sendo o biogás composto em sua totalidade por gás metano, dióxido de carbono e gás sulfídrico, sua purificação torna-se importante, pois apenas a presença do metano em sua totalidade aumenta seu poder calorífico (KRETZER;NAGAOKA;MOREIRA;RIGONI;MORAES;BAUER,2016).

Para tratar os gases gerados que não são de interesse para o respectivo trabalho, foram então desenvolvidos dois filtros que visam sua remoção, o primeiro é composto por um tubo de vinte milímetros de diâmetro, revestido com palha de aço para eliminação do gás sulfídrico, sendo precedido por um reservatório de 2 litros contendo soda e água, para extração do gás carbônico, sendo ambos ligados a saída de gás do biodigestor. Para armazenamento do gás gerado, utilizamos um compressor de 1/3 hp, que será acoplado na saída dos filtros de purificação, compactando e armazenando por fim o gás em um botijão com capacidade de 5 quilos.



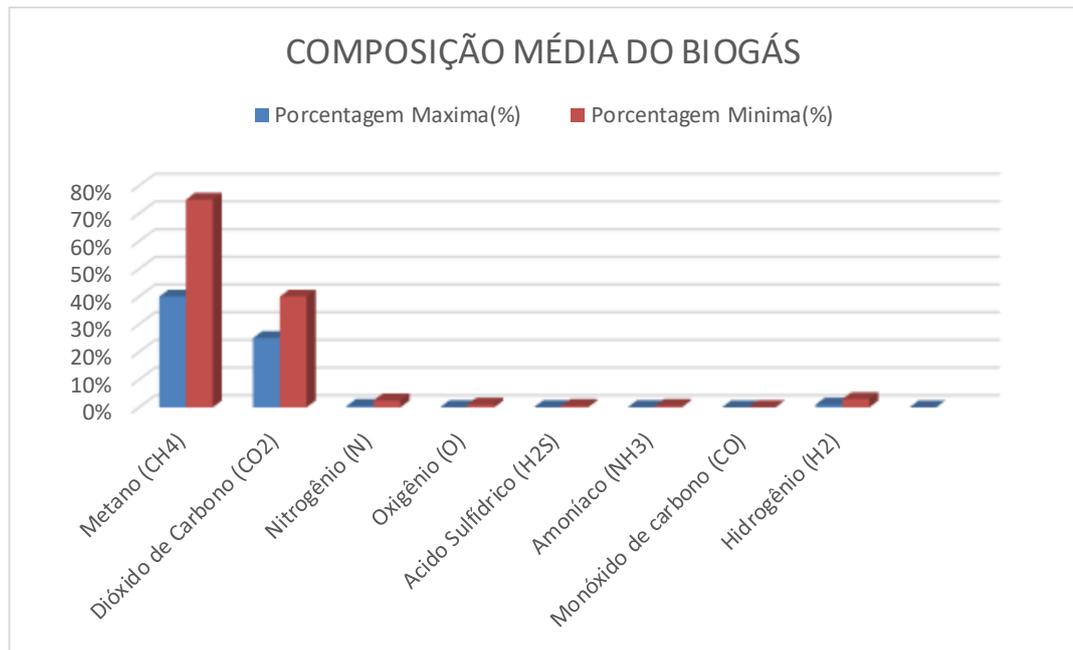
Figura 1- Biodigestor montado.

Fonte: autores.

Realização do experimento

A biodigestão teve início no dia 20 de julho e concluiu-se no dia 05 de novembro, com total de 109 dias, visando a máxima produção de gás metano para armazenamento, visto que há uma produção de gases indesejáveis para o processo como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1- Composição Média do Biogás.



Fonte: autores.

A seguinte equação foi adotada para obtenção dos resultados de quantificação dos sólidos:

$$\frac{\text{mg de sólidos totais}}{\text{Litro}} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume da amostra (L)}}$$

Onde: A: peso da amostra mais o da cápsula, em mg;
B: peso da cápsula vazia em mg.

Para a obtenção dos resultados de transformação da pressão foi realizado o seguinte cálculo:

$$1 \text{ Kg/cm}^2 \quad - \quad 0,9678 \text{ atm}$$

$$0,5 \text{ Kg/cm}^2 \quad - \quad X$$

Para a conversão da temperatura de Celsius para Kelvin utilizou-se a fórmula à seguir:

$$TK = T^{\circ}C + 273$$

Para o mensuramento da quantidade de gases foi adotado o seguinte cálculo:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Onde: P: pressão;
V: volume;
N: quantidade de gás gerado;
R: constante;
T: temperatura.

Resultados e Discussões

A tabela 1 apresenta os parâmetros que foram monitorados durante a produção do biogás.

Tabela 1 – Determinação de pH, sólidos e teor de umidade de vinhaça e lodo de estação de tratamento de Araçatuba-SP, 2018.

Parâmetro	Vinhaça	Lodo
pH	7	6
Determinação de Sólidos	12 mg/L	15 mg/L
Teor de Umidade	84%	85%

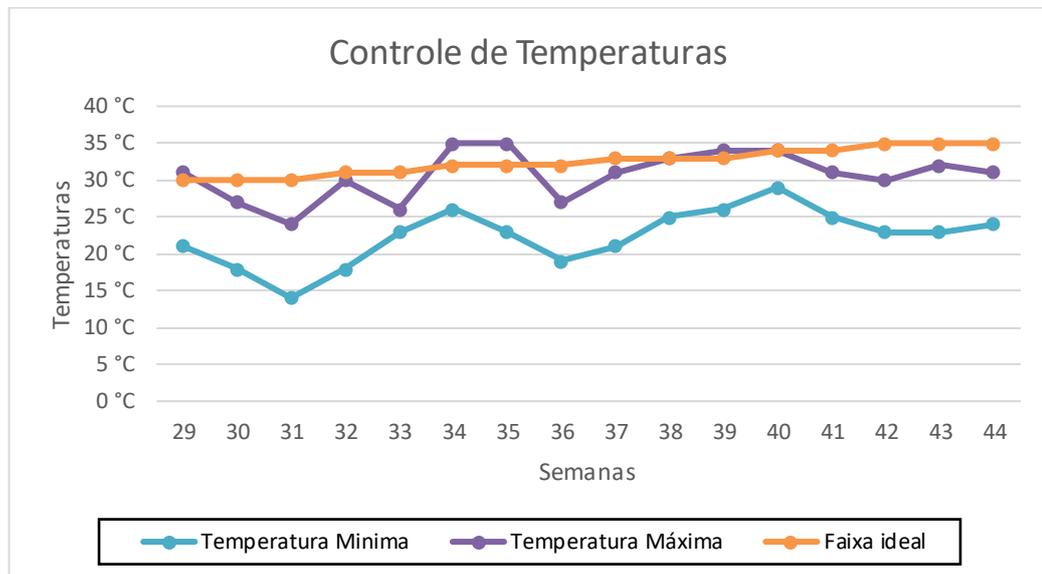
Fonte: autores.

O pH inicial variou entre 6 e 7, estando esse valor dentro da faixa favorável à geração de biogás. O pH neutro é benéfico à produção de biogás, uma vez que a maioria dos metanógenos cresce na faixa de pH de 6,7 a 7,5 (OLIVEIRA, 2009).

Resíduos que apresentam teor de umidade entre 60% e 90% possuem maior potencial de geração de biogás, podendo a produção de biogás ser afetada diretamente pela umidade que o resíduo apresenta. Os valores de umidade apresentados variaram entre 84 e 85%, valores que encontram-se dentro da faixa apresentada na literatura como ótima para geração de biogás (SILVESTRE, 2015).

A temperatura é a variável que apresenta maior influência sobre o metabolismo dos microrganismos responsáveis pela geração de metano. (PENTEADO et al, 2018), a temperatura ficou estabelecida em torno de 30 a 35°C durante o desenvolvimento do trabalho, como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2- Curva de temperatura de biodigestor formado a partir de vinhaça e lodo de estação de tratamento.



Fonte: autores.

Com base nos dados de MOREIRA, 2006, foi possível calcular a quantidade teórica de gás gerado no biodigestor, através da pressão de 0,5 kg/cm² a uma temperatura de 34°C, transformando a pressão em atm e a temperatura em Kelvin, onde obtivemos os seguintes resultados:

Pressão:

$$X = 0,4839 \text{ atm}$$

Temperatura em Kelvin:

$$TK = 307 \text{ K}$$

Quantidade de gases:

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$0,4839 \times 25 = n \times 0,082 \times 307$$

$$n = 0,4805 \text{ mols de biogás;}$$

Se 2/3 do biogás é metano, portanto:

$$0,4805 \div 2/3 = 0,3203 \text{ mols de metano.}$$

Conclusão

Dada a importância deste assunto, torna-se necessário destacar a relevância dos testes de caracterização das matérias primas, sendo estes fundamentais para uma pré-

avaliação do rendimento de produção, definindo a eficiência da conversão da vinhaça e lodo de estação de tratamento de água para o biogás. O material que foi utilizado na digestão pode ainda ser utilizada na fertirrigação, uma vez que este processo não reduz o potencial fertilizante do efluente. No presente experimento, empregou-se um período de digestão anaeróbica de 109 dias, obtendo resultados positivos. Caso ocorra um aumento no período de digestão e adote um controle mais rigoroso da temperatura, possivelmente haverá um crescimento na porcentagem da formação de gás metano, gerando resultados mais satisfatórios.

Referências Bibliográficas

COSTA, Renata Funchal da Silva. **Produção do biogás a partir da vinhaça**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial). Instituto municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA. (7)2014.

GEHRING Carlos Gustavo, **Análise da geração de energia elétrica a partir do biogás produzido na fermentação anaeróbica de vinhaça**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e automação). Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (4)jan 2014.

GRANATO E F, SILVA C L G, **Geração de energia elétrica a partir do resíduo vinhaça. Pós-Graduação em Engenharia Industrial**. UNESP-Universidade Estadual Paulista – Bauru - S.P (5)2014.

GRANATO, Eder Fonzar. **Geração de energia através da digestão anaeróbica da vinhaça**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Faculdade de Engenharia da UNESP - Campus de Bauru (2)2003.

KRETZER, Stéfano Gomes; NAGAOKA, Alberto Kazushi; MOREIRA, Thiago Ezio; MORAES, Igor Luiz Rigoni Gonzaga de; BAUER, Fernando Cesar. Produção de biogás com diferentes resíduos orgânicos de restaurante universitário. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. V.5 n.4, 2016.

MELLISSA A S S, NORI P G, LINO C B, **Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.1, p.108–114 (6) 2007.

PENTEADO C A, SCHIRMER W A, DOURADO D C. **Análise do potencial de geração de biogás a partir da biodigestão anaeróbia da vinhaça e bagaço de cana**. 2018. Universidade Federal Do Paraná. BiofixScientificJournal v. 3 n. 1 p. 26-33. (12)2018.

SALOMON K R, LORA E E S, Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, Viçosa,v.2,n.1,p.57-67,(3)mar 2005.

SILVESTRE, Victor Valente. **Levantamento do potencial de geração de biogás de aterro sanitário para aproveitamento sob a forma de energia elétrica**. 117 f. Dissertação(Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, (11)2015.

Produção e análise sensorial de cervejas artesanais com substituição parcial do malte

Production and Sensory Analysis of Artisan Beers With Partial Substitution of Malt

Ítalo Martinez Garcia¹

Leonardo Cecato Brito²

Lucas Edson Palamim³

Rosemeire Conceição Parra Pastor⁴

Andréa Fontes Garcia⁵

Priscila Aparecida Vieira Moraes⁶

RESUMO

Produção de cerveja artesanal, substituindo parcialmente o malte por novos adjuntos que ofereçam novas propriedades sensoriais e nutritivas à bebida. Os adjuntos adotados foram o melaço da cana-de-açúcar, farinha de banana verde e mel de abelha os quais caracterizam-se por alto teor de açúcares fermentescíveis e amiláceos. Assim, o presente trabalho objetivou-se a produção de três estilos de cervejas artesanais com uma fração do malte substituído em escala reduzida (20 Litros de cada estilo) e verificar sua aceitação por meio de análise sensorial, afim de avaliar a preferência do público dentre os estilos produzidos, obtendo-se como resultados 66,67% de aceitação a German Pilsen, 18,52% a Weiss Biere 14,81% a American Blonde Ale.

Palavras-Chave: Cerveja Artesanal, Farinha de Banana-Verde, Melaço de Cana-de-Açúcar, Mel de Abelha, Teste de aceitação

ABSTRACT

Handmade beer production, partially replacing the malt with new adjuncts that offer new sensorial and nutritional properties to the drink. The adjuncts adopted were sugarcane molasses, green banana flour and bee honey which are characterized by high content of fermentable sugars and starches. Thus, the present work aimed to produce three styles of artisan beers with a fraction of the malt replaced in a reduced scale (20 Liters of each style) and to verify their acceptance by means of sensorial analysis, in order to evaluate the preference of the public of the styles produced, obtaining as results 66,67% acceptance to German Pilsen, 18,52% to Weiss Bier and 14,81% to American Blonde Ale.

Keywords: Artisanal Beer, Banana-Green Flour, Sugar Cane Molasses, Bee Honey, Acceptance Test

¹Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: i.m.g.eng.00777@hotmail.com.

²Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: engcecatobrito@gmail.com.

³Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: palamim.engenharia@gmail.com.

⁴Química, mestre em produtos do meio ambiente e doutoranda em ciência animal, docente no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: profroseparra@hotmail.com.

⁵Farmacêutica, nutricionista e doutora em ciência animal, docente no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: andrea@unisalesiano-ata.com.br.

⁶Administradora e mestre em engenharia de produção, docente no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba-SP. E-mail: moraespriscilla2@gmail.com.

Introdução

A cerveja é a bebida alcoólica mais popular e de maior consumo no mundo todo, e a terceira bebida mais popular de modo geral, perdendo apenas para a água e chá (NELSON, 2014). Sua produção vem de muitos anos, datada como uma das atividades mais antigas desenvolvidas pelo homem, as primeiras fabricações são datadas na Mesopotâmia, Oriente Médio, por povos chamados sumérios. Eles cozinhavam uma massa consistente de grãos moídos, consumida e denominada como pão. Em exposição ao tempo essa massa tornava-se úmida e fermentavam, dando a ideia de um “pão líquido”, que nada mais era que uma bebida alcoólica com certa semelhança da cerveja atualmente (TSCHOPE, 2001).

No Brasil, a cerveja foi introduzida no século XIX durante a permanência da família real. Dom João XI trouxe da Europa o hábito de consumo da bebida, a qual era importada da Holanda e Inglaterra. A partir disso, no ano de 1888 foi fundada a Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia na cidade do Rio de Janeiro e em 1891 foi fundada a Companhia Antártica Paulista em São Paulo. Um dos fatos mais importantes e marcantes da indústria cervejeira do Brasil e do mundo é a criação da AmBev (fusão da Manufatura da Cervejaria Brahma e Companhia Antártica Paulista) e sua posterior fusão com a belga Interbrew, originando a chamada InBev, que desde 2004 é a maior produtora mundial (OLIVEIRA, 2011).

Segundo o decreto n.º 2314, de 4 de setembro de 1997, cerveja é a bebida obtida pelo processo de fermentação alcoólica por ação de leveduras no mosto cervejeiro, comumente composto de cevada (é permitido até o limite máximo de 45% o uso de outros cereais como: arroz, milho, sorgo ou trigo), e água com adição de lúpulo (BRASIL, 1997), que contribui para o amargor e atua como um conservante natural.

A substituição parcial do malte por outros cereais permite desde o uso matérias primas de baixo custo pela indústria, como também permite ao mercado cervejeiro artesanal uma grande variedade de cervejas capazes de agradar o paladar e o olfato, as quais se diferenciam através de variados ingredientes e métodos de elaboração (CARVALHO, 2009).

O mercado de cervejas artesanais é pouco explorado, e mostra ser uma ótima oportunidade de inserção de novas tecnologias e produtos nesse nicho comercial, aumentando consideravelmente a qualidade da bebida consumida. O

mercado cervejeiro movimenta cerca de 74 bilhões de reais anualmente no Brasil, que corresponde 1,6% do PIB nacional, mas apenas 1% da produção corresponde as cervejas artesanais, em comparação aos Estados Unidos que possui 17% do mercado ocupado pela produção artesanal da cerveja (VANINI, 2016).

A produção em escala industrial da cerveja é classificada em oito operações essenciais conforme a Figura 1, sendo: moagem do malte, tratamento enzimático do mosto, filtração, fervura, tratamento do mosto (resfriamento), fermentação, maturação e clarificação (SILVA, 2005). Essa sequência de operações envolve conhecimento teórico e prático, pois, estão envolvidas diversas reações químicas e bioquímicas, necessitando de um cuidadoso acompanhamento (MORADO, 2009).

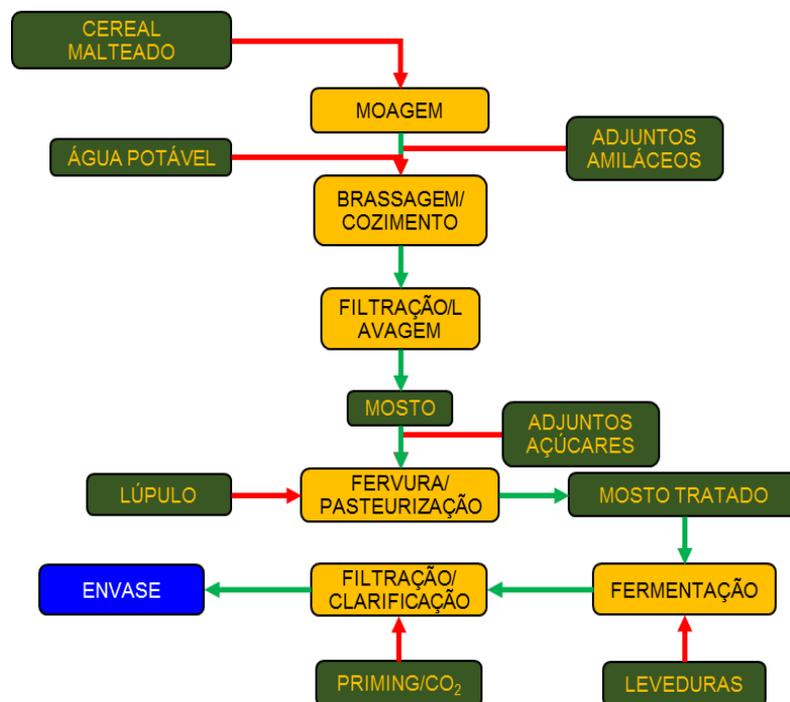


Figura 1. Operações essenciais de fabricação da cerveja artesanal. Fonte: autores..

Cálculos de IBU

IBU (International Bitterness Unit)

É a forma de medir o nível de amargor de uma cerveja, assim como diversas outras bebidas, é através da unidade (padrão) de medida chamada “IBU” (International BitternessUnits). Os valores de IBU obtidos em uma cerveja correspondem à concentração de iso-alfa-ácidos diluídos, seguindo a regra 1 IBU =

1mg de iso-alfa-ácido por litro (PALMER, 2006).

Para realizar a elaboração de uma cerveja se faz necessário realizar os cálculos de IBU (Nível de Amargor) para assim enquadrá-la no estilo alvo. Então, realizamos os cálculos para enquadrar as cervejas ao estilo nesses quesitos.

Sendo assim, temos a seguinte fórmula para o cálculo do IBU da cerveja:

$$IBU = \frac{U \times P \times A}{V}$$

Onde:

U = Utilização (gravidade vs tempo);

P = Peso do lúpulo (em mg);

A = Unidades de alfa ácido (em decimal);

V = volume de cerveja (em litros).

Dessa forma, o presente estudo teve o objetivo de produzir e avaliar cervejas artesanais com adjuntos, como Melaço de Cana-de-Açúcar, Mel de Abelha e Farinha de Banana Verde em substituição parcial do malte. Visando conferir propriedades sensoriais e qualidade na produção sem afetar as características de cada estilo, sendo eles American Blonde Ale, Weiss Bier e German Pilsen.

Material e Métodos

Foram desenvolvidos três estilos de cervejas artesanais, descritos abaixo:

American Blonde Ale

As matérias primas utilizadas foram malte 80%, melaço de cana-de-açúcar 20%, lúpulo, levedura e água mineral.

Realizou-se a moagem do malte com moinho automático e o adicionou em água pré-aquecida há 65 °C por 60 minutos até a conversão total dos amidos, conferido pelo teste do iodo.

O mosto foi separado através de filtração convencional, realizada em uma panela equipada com fundo falso, usando o próprio bagaço de malte (cama de grãos) como elemento filtrante.

Após a filtração, lavou-se o bagaço de malte com água pré-aquecida há 75 °C, obtendo o mosto secundário. Então o mosto é transferido para outra panela onde realizou-se o *mash out* (desativação das enzimas α e β amilase) a 78 °C por 10 min, depois iniciou-se a fervura por 60 min.

No início da fervura, adicionou-se o melão da cana-de-açúcar e 60% dos lúpulos em pellets os outros 40% a 10 min para o fim. Finalizada a fervura, realizou-se o *whirlpool* (criação de um vórtice no centro da panela para aglomeração dos sólidos presente no mosto), após o repouso de 10 min para a sedimentação, o mosto clarificado foi transferido para o fermentador provido de controlador e indicador de temperatura.

A fermentação foi realizada durante 5 dias a 18 °C, sendo monitorado diariamente o °brix até atingir a densidade final desejada. Após a fermentação a cerveja foi armazenada em freezer há 0 °C por 15 dias para maturação, depois foi realizado o *priming* (adição de açúcar 6 gr/l para refermentação) em seguida o envase manual em garrafas de 600 ml e o seu armazenamento em temperatura ambiente por 7 dias para gaseificação.

Weiss Bier

As matérias primas utilizadas foram malte 62,5%, trigo 25,0%, farinha de banana verde 12,5%, lúpulo, levedura e água mineral.

Realizou-se a moagem do malte e trigo com moinho automático e os adicionou-se junto com a farinha de banana-verde em água pré-aquecida há 44 °C por 15 minutos para a liberação do ácido ferúlico (fenol responsável pelo aroma de cravo 4-vinil guaiacol).

Após elevou-se a temperatura há 50 °C por 15 min (parada proteica), e a 67 °C por 60 min até conversão total dos amidos, conferido pelo teste do iodo.

O mosto foi separado através de filtração convencional, realizada em uma panela equipada com fundo falso, usando o próprio bagaço de malte (cama de grãos) como elemento filtrante.

Após a filtração, lavou-se o bagaço de malte com água pré-aquecida há 75 °C, obtendo o mosto secundário. Então o mosto é transferido para outra panela onde realizou-se o *mash out* (desativação das enzimas α e β amilase) a 78 °C por 15 min, depois iniciou-se a fervura por 60 min.

Adicionou-se os lúpulos aos 45 min de fervura. Finalizada à fervura, realizou-se o *whirlpool* (criação de um vórtice no centro da panela para aglomeração dos sólidos presente no mosto), após o repouso de 10 min para a sedimentação, o mosto clarificado foi transferido para o fermentador provido de

controlador e indicador.

A fermentação foi realizada durante 7 dias a 22 °C, sendo monitorado diariamente o °brix até atingir a densidade final desejada, durante a fermentação a levedura belga produz o éster acetato de isoamila (éster responsável pelo aroma de banana). Após a fermentação a cerveja foi armazenada em freezer há 2 °C por 14 dias para maturação, depois foi realizado o *priming* (adição de açúcar 6 g/l para refermentação) em seguida o envase manual em garrafas de 600 ml e o seu armazenamento em temperatura ambiente por 7 dias para gaseificação.

German Pilsen

As matérias primas utilizadas foram malte 80%, mel de abelha 20%, lúpulo, levedura e água mineral.

Realizou-se a moagem do malte com moinho automático e adicionou-se em água pré-aquecida há 45 °C por 10 minutos (acidificação). Depois elevou-se a temperatura para 64 °C por 15 minutos para ativação a enzima β -amilase (importante elevar 1 °C por minuto para uma maior eficiência e controle do processo) em seguida elevou-se a temperatura para 70 °C por 20 minutos para ativação da enzima α -amilase até a conversão total dos amidos, conferido pelo teste do iodo.

O mosto foi separado através de filtração convencional, realizada em uma panela equipada com fundo falso, usando o próprio bagaço de malte (cama de grãos) como elemento filtrante.

Após a filtração, lavou-se o bagaço de malte com água pré-aquecida a 75 °C, obtendo o mosto secundário. Então o mosto é transferido para outra panela onde realizou-se o *mash out* (desativação das enzimas α e β -amilase) a 78 °C por 20 min, depois iniciou-se a fervura por 90 min.

No início da fervura, adicionou-se o mel de abelha e 15grde lúpulo em pellets, após 30 minutos adicionou-se 4gr de lúpulo, e aos 85 minutos 27gr de lúpulo aromático, totalizando 90 minutos. Finalizada à fervura, realizou-se o *whirlpool* (criação de um vórtice no centro da panela para aglomeração dos sólidos presente no mosto), após o repouso de 10 min para a sedimentação, o mosto clarificado foi transferido para o fermentador provido de controlador e indicador de temperatura.

A fermentação foi realizada durante 10 dias a 9 °C, sendo monitorado diariamente o °brix até atingir a densidade final desejada. Após a fermentação a cerveja foi armazenada em freezer há 0 °C por 28 dias para maturação, depois foi realizado o *priming* (adição de açúcar 6 gr/l para refermentação) em seguida o envase manual em garrafas de 600 ml e o seu armazenamento em temperatura ambiente por 7 dias para gaseificação.

Análises físico-química

Foram realizadas análises físico-químicas dos três estilos de cervejas elaboradas, visando comprovar a sua qualidade e conformidade à especificação. Os ensaios foram realizados no laboratório de uma usina de cana-de-açúcar na região de Araçatuba-SP.

As análises realizadas foram determinação do pH, Acidez Total, Teor Alcoólico e Dureza. Abaixo metodologias utilizadas (A2M, 2015).

Pesquisa de aceitação

O trabalho foi submetido a avaliação pelo comitê de ética e pesquisas em seres humanos do Unisalesiano, Araçatuba-SP, sob o número do comprovante nº 98018718.0.0000.5379 para o consentimento da pesquisa de aceitação.

Os três tipos de cervejas produzidas foram oferecidos aos docentes e discentes para a análise sensorial, os quais responderam perguntas sobre o sexo, idade, frequência de consumo de cerveja semanal, se já havia experimentado cerveja artesanal, qual das provadas desenvolvidas nesse trabalho mais agradou, se voltaria a consumi-la. Também foi pedido aos voluntários que descrevessem as características observadas em cada estilo de cerveja provados.

Resultados e Discussões

American Blonde Ale

Cerveja de estilo americano de características maltadas, aparência límpida com um dourado profundo, as características físico-químicas podem ser observadas na Tabela 1, onde se apresentou elevada graduação alcoólica pelo uso do melaço de cana-de-açúcar, a qual forneceu grande quantidade de açúcares fermentescíveis para o processo de fermentação, o pH e acidez total se

encontraram dentro dos parâmetros estabelecidos pelo BJCP para o estilo, a dureza apresentou-se elevada em função dos sais contidos no melão. O adjunto não conferiu mudanças significativas nas características da cerveja, convergindo com outras pesquisas como o artigo “Emprego do caldo de cana e do melão como adjunto do malte de cevada na produção de cerveja” de Raquel Aizemberg. A análise sensorial divide-se em três pontos, sendo: aroma, aparência e sabor.

Aroma: Leve aroma de malte com aroma médio dos lúpulos Columbus e Citra, com algumas notas florais e herbais.

Aparência: Corpo de baixa densidade, espuma em cor branca com resistência média, por se tratar de um produto artesanal e não filtrado as leveduras residuais se assentam no fundo da garrafa.

Sabor: Dulçor maltado com inicial suave, e o lúpulo se sobressaindo.

Tabela 1 - Análises físico-químicas da cerveja American Blonde Ale.

ESTILO	ANÁLISES			
	pH	TEOR ALCOOLICO	ACIDEZ TOTAL	DUREZA
AMERICAN BLONDE ALE	4,31	5,90	2,23	500

Fonte: autores, 2018.

Weiss Bier

Cervejate estilo belga de característica clara e refrescante, com alta gaseificação, final seco e cremosa, com notas de banana e cravo. As características físico-químicas podem ser observadas na Tabela 2, onde apresentou-se pH, teor alcoólico, acidez total e dureza, dentro dos parâmetros estabelecidos pelo BJCP para o estilo, o adjunto de farinha de banana-verde não conferiu mudanças significativas nas características da cerveja, convergindo com outras pesquisas, como o artigo “Produção e avaliação sensorial de cerveja utilizando farinha de banana-verde como adjunto de malte” de Anna Malaguti Figueiredo; Luiza Lima de Carvalho. A análise sensorial divide-se em três pontos, sendo: aroma, aparência e sabor.

Aroma: como não se manteve a temperatura adequada pelo tempo

necessário o precursor do aroma de cravo (Ácido fenólico) não foi suficiente para obtenção do 4-vinil guaiacol, assim a cerveja não apresenta aroma contundente do fenol. Os ésteres frutados de banana estão presentes moderadamente. O caráter de lúpulo é bem sutil e quase não aparece.

Aparência: A cerveja apresenta uma cor palha com uma espuma muito espessa, como mousse, de longa duração. O alto teor de proteína do trigo eleva a turbidez, por esse motivo a cerveja é turva com alta densidade.

Sabor: Baixo aroma de cravo e sutil sabor de banana, quase nenhum amargor proveniente do lúpulo, o sabor do malte e do trigo fica em segundo plano.

Tabela 2 - Análises físico-químicas da cerveja Weiss Bier.

ESTILO	ANÁLISES			
	pH	TEOR ALCOOLICO	ACIDEZ TOTAL	DUREZA
WEISS BIER	4,00	4,60	2,41	103

Fonte: autores, 2018.

German Pilsen

Cerveja de origem alemã, apresenta corpo leve, altamente atenuada, de cor dourada e fermentação baixa, que exhibe uma baixa retenção de espuma e aroma adocicado. As características físico-químicas podem ser observadas na Tabela 3, onde apresentou-se pH, teor alcoólico, acidez total e dureza, dentro dos parâmetros estabelecidos pelo BJCP para o estilo, o adjunto de mel de abelha não conferiu mudanças significativas nas características da cerveja, convergindo com outras pesquisas, como o artigo “Produção de cerveja artesanal tipo ale utilizando mel de diferentes floradas como adjunto” de Aniela Pinto Kempka, Bruna Cristina Thomé e Raquel Maleski de Conto. A análise sensorial divide-se em três pontos, sendo: aroma, aparência e sabor.

Aroma: Caráter atenuado de malte com leve gosto de mel, média densidade, e lúpulo discreto, aromas doces e palatáveis. Nota-se que o aroma de mel permaneceu, mesmo após a fermentação.

Aparência: A cerveja apresenta dourado claro, com uma espuma branca

cremosa de curta duração.

Sabor: Adocicado de malte com o mel dominando o paladar e perdurando no retrogosto (aquele que permanece após a ingestão). O final da cerveja mostra-se parcialmente seco e bem atenuado, com leve sabor de malte e mel.

Tabela 3 – Análises físico-químicas da cerveja German Pilsen.

ESTILO	ANÁLISES			
	pH	TEOR ALCOOLICO	ACIDEZ TOTAL	DUREZA
GERMAN PILSEN	4,01	5,30	2,08	332

Fonte: autores, 2018.

Análise Pesquisa de Aceitação

A pesquisa contou com a participação de 27 voluntários, onde responderam às perguntas da pesquisa de aceitação referente as cervejas produzidas, após apuração dos resultados, foram elaboradas as Tabelas 4, 5 e 6 com os resultados obtidos.

Tabela 4– Resultados das perguntas de qual seu sexo e faixa etária da pesquisa de aceitação.

Nº de Participantes	Qual seu Sexo?		Qual sua faixa etária?			
	Feminino	Masculino	18-25	26-30	30-40	+ de 40
1	X		X			
2	X		X			
3	X		X			
4	X		X			
5	X				X	
6	X		X			
7	X				X	
8	X		X			
9	X				X	
10	X		X			
11		X	X			
12		X		X		
13	X		X			

14		X				X
15	X		X			
16	X		X			
17	X		X			
18		X		X		
19		X	X			
20		X	X			
21		X	X			
22		X	X			
23	X					X
24		X	X			
25		X			X	
26		X	X			
27		X	X			

Fonte: autores, 2018.

Com os resultados da tabela 4 realizou-se a sua totalização em porcentagem.

- Qual o seu sexo?

$$\text{Sexo Feminino} = \frac{15}{27} = 55,56\%$$

$$\text{Sexo Masculino} = \frac{12}{27} = 44,44\%$$

- Qual a sua faixa etária?

$$18 \text{ a } 25 \text{ anos} = \frac{19}{27} = 70,37\%$$

$$25 \text{ a } 30 \text{ anos} = \frac{2}{27} = 7,41\%$$

$$30 \text{ a } 40 \text{ anos} = \frac{4}{27} = 14,81\%$$

$$\text{Mais de 40 anos} = \frac{2}{27} = 7,41\%$$

Tabela 5 - Resultados das perguntas de qual sua frequência de consumo e se já consumiu cerveja artesanal anteriormente a pesquisa de aceitação

Nº de Participantes	Qual a sua frequência de consumo de cerveja em dias na semana?					Já consumiu anteriormente cerveja artesanal?	
	- de 2	2	2-5	7	0	Sim	Não
1		X				X	
2		X				X	
3					X	X	
4					X	X	
5	X					X	

6	X					X	
7	X					X	
8	X					X	
9					X	X	
10					X	X	
11		X				X	
12	X					X	
13					X	X	
14	X					X	
15	X					X	
16	X					X	
17					X	X	
18	X					X	
19					X	X	
20					X	X	
21	X					X	
22			X			X	
23					X	X	
24					X		X
25			X			X	
26	X					X	
27					X	X	

Fonte: autores, 2018.

Com os resultados da tabela 5 realizou-se a sua totalização em porcentagem.

- Qual sua frequência de consumo de cerveja em dias na semana?

$$\text{Menos de 2 dias} = \frac{11}{27} = 40,74\%$$

$$2 \text{ dias} = \frac{3}{27} = 11,11\%$$

$$2 \text{ a } 5 \text{ dias} = \frac{2}{27} = 7,41\%$$

$$\text{Todos os dias} = \frac{0}{27} = 0,00\%$$

$$\text{Não consome regularmente} = \frac{11}{27} = 40,74\%$$

- Já consumiu cerveja artesanal antes da pesquisa?

$$\text{Sim} = \frac{26}{27} = 96,30\%$$

$$\text{Não} = \frac{1}{27} = 3,70\%$$

Tabela 6 - Resultados das perguntas de qual sua preferência dentre os estilos degustados e se voltaria a consumir a que mais lhe agradou

Nº de Participantes	Qual estilo degustado mais lhe agradou?			Voltaria a consumir a que mais lhe agradou?	
	American Blonde Ale	Weiss Bier	German Pilsen	Sim	Não
1	X			X	
2		X		X	
3			X	X	
4			X	X	
5			X	X	
6			X	X	
7	X			X	
8			X	X	
9			X	X	
10			X	X	
11	X			X	
12		X			X
13		X		X	
14			X	X	
15			X	X	
16			X	X	
17			X	X	
18	X			X	
19		X		X	
20			X	X	
21			X	X	
22			X	X	
23			X		X
24			X	X	
25			X	X	
26			X	X	
27		X			X

Fonte: autores, 2018.

Com os resultados da tabela 5 realizou-se a sua totalização em porcentagem.

- Qual dos estilos experimentados mais lhe agradou?

$$\text{American Blonde Ale} = \frac{4}{27} = 14,81\%$$

$$\text{Weiss Bier} = \frac{5}{27} = 18,52\%$$

$$\text{German Pilsen} = \frac{18}{27} = 66,67\%$$

- Voltaria a consumir a que mais lhe agradou?

$$Sim = \frac{24}{27} = 88,89\%$$

$$Não = \frac{3}{27} = 11,11\%$$

Conclusão

Analisando os produtos obtidos, podemos concluir que os adjuntos utilizados não conferiram mudanças físico-químicas aos estilos produzidos, conforme pudemos observar nas análises realizadas. O resultado obtido com o melado da cana-de-açúcar, mostrou efetividade, não alterando as características sensoriais e físicas da cerveja, já o farelo de banana-verde mostrou-se efetivo, mas a junção com o trigo acarretou dificuldades na produção, e o mel de abelha mudou significativamente o aroma e sabor, trazendo uma característica agradável para o produto.

Conforme os resultados apresentados da pesquisa na Tabela 4 mostra que a maioria dos participantes da pesquisa eram do sexo feminino com 55,56%, e 70,37% possuíam entre 18 e 25 anos. De acordo com a Tabela 5 conclui-se que os provadores possuem uma frequência de consumo menor que 2 dias na semana 68,75%, e 96,30% experimentaram cerveja artesanal anteriormente a pesquisa. E conforme Tabela 6 conclui-se que no quesito preferência de estilo, a cerveja German Pilsen (Mel de Abelha) obteve a maior aceitação dos provadores com aceitação de 66,67%, contra 18,52% da Weiss Bier (Farinha de Banana-Verde) e 14,81% da American Blonde Ale (Melado da Cana-de-Açúcar).

Assim, o índice de aceitação para a cerveja German Pilsen obtida experimentalmente mostra que os provadores tiveram grande aceitabilidade da cerveja, visto que a porcentagem foi superior a 60% de aceitação e manteriam o consumo acima de 90%. Ou seja, o teste de aceitação aponta que é sensorialmente viável a produção da cerveja utilizando mel de abelha como adjunto de malte.

Referências Bibliográficas

AIZEMBERG, R. **Emprego do caldo de cana e do melado como adjunto de malte de cevada na produção de cervejas**. 2015. 274f. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena – PR. 2015.

BRASIL. **Decreto n. 2.314, de 04 de setembro de 1997**. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. 2009. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm>. Acesso em 22 jun. 2018.

CARVALHO, G. B. M. **Obtenção de cerveja usando banana como adjunto e aromatizante**. 2009. 163f. Tese (Doutorado – Programa de pós-graduação em biotecnologia industrial. Área de concentração: Conversão de biomassa) – Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena – PR. 2009.

CARVALHO, G. B. M.; ROSSI, A. A.; SILVA, J. B. A. **Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro**. 2007. Disponível em: <http://bizuando.com/material-apoio/processos-qi2/Artigo_Analitica_2_A_Fermentacao.pdf>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.

FELTUS, A. et al. **Guia de Estilos de Cerveja**. 2015. Disponível em: <www.bjcp.org.com>. Acesso em: 27 de julho de 2018.

FIGUEREDO, A. M.; CARVALHO, L. L. **Produção e avaliação sensorial de cerveja utilizando farinha de banana verde como adjunto de malte**. 2014. 34f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Alfenas, Unifal, Poços de Caldas – MG. 2014.

KEMPA, A. P.; THOMÉ, B. C.; DE CONTO, R. M. Produção de cerveja artesanal tipo ale utilizando mel de diferentes floradas como adjunto. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n.1, p. 105-125, jan./mar. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

MOLLON, A. A. **Metodologias de análises**. Piracicaba – SP. Métodos Analíticos A2M. 2015.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. p. 357.

NELSON, D. L.; COX M.; M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. São Paulo: Artmed, 2014. p. 1336.

OLIVEIRA, N. A. M. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja**. 2011. 45f. Monografia de Pós-Graduação – Instituto de Ciências Biológicas, UFMG, Belo Horizonte – MG. 2011.

PALMER, J.P. **Parâmetros para fabricação de cervejas**. 1.ed. How to Brew. 2006.

RAMOS, D. P. et al. Amido Resistente em Farinhas de Banana Verde. **Alim. Nutr.** Araraquara – SP. v.20. p.479-483. Set. 2009.

SILVA, D. P. **Produção e avaliação sensorial da cerveja obtida a partir de mostos com elevadas concentrações de açúcares.** 2005. 177f. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena – PR. 2005.

TSCHOPE, E. C. **Micro cervejarias e Cervejarias. A História, a Arte e a Tecnologia.** São Paulo – SP: Editora Aden, 2001.

VANINI, E. **Mercado cervejeiro movimentado R\$ 74 bilhões no Brasil.** 2016. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/mercado-cervejeiro-movimentado-74-bilhoes-no-brasil-18950844>>. Acesso em: 31 de julho de 2018.

Contribuições dos avanços da genética para a área da saúde e agropecuária

Contributions of Genetics Advances in the Area of Health and Agriculture

Ingrid Rafaela Overa¹
Denise Junqueira Matos²
Eliane Patrícia Cervelatti³

RESUMO

Este artigo traz a discussão sobre os avanços da genética da saúde pública e agropecuária. É importante discutir alguns dos avanços e problemas desta tecnologia para a sociedade e fazer uma avaliação clara acerca do que já podemos conseguir através da genética. A sociedade precisa compreender as implicações éticas e práticas de uma tecnologia capaz de produzir drogas milagrosas, obtenção de novas variedades de plantas, melhoria da qualidade de diversos alimentos. Diante deste contexto, este estudo teve como objetivo descrever as contribuições que o avanço na área da genética trouxe à sociedade.

Palavras-Chave: Genômica, Marcadores moleculares, Produção de alimentos, Saúde Pública, Transgênicos

ABSTRACT

This article brings the discussion on the advances in public health and farming. Is important to discuss some of the advances and problem of this technology for society and make a clear evaluation about of what we can already achieve through genetics. The society need to understand the ethical and practical implications of a technology able of producing miracle drugs, news varieties of plants, improving the quality of various food. Given this context, this study aimed to describe the contributions that the advance in the área of genetics has brought to society.

Keywords: Genomics, Molecular markers, Food production, Public Health, Transgenics

¹ Acadêmica de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba (ingrid.overa@gmail.com).

² Bióloga, Doutoranda em Ciência Animal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP e docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

³ Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas (Genética) pela Universidade de São Paulo – USP
Docente no curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

Introdução

Há milhares de anos no Oriente Médio, as primeiras populações humanas já haviam compreendido alguns princípios da hereditariedade, sendo primeiro observado em plantas e animais e essas posteriormente seriam aplicadas em humanos (PIERCE 2016).

No entanto, umas das principais indagações era como ocorria a transmissão das características de um ser para o outro. As primeiras ideias sobre esse tema eram simples e sem técnica alguma, elas apenas afirmavam a semelhança dos filhos aos seus pais, sem entender o mecanismo por trás dessa constatação (SANTOS; TEMP 2014).

A grande contribuição para descrever o padrão de transmissão das características ao longo das gerações foi feita com os trabalhos desenvolvidos por Gregor Mendel em 1856, mas ainda não se conhecia a molécula responsável pelo controle de tais características. Inicialmente, a estrutura do DNA foi interpretada como sendo muito regular para ser capaz de transmitir toda informação genética. Na década de 1940 sua composição se demonstrou ser variável em diferentes organismos e muito mais complexa do que se imaginava. Sua estrutura molecular tridimensional foi descoberta em 1953 pelos biólogos James Watson e Francis Crick, e a partir disso tomou-se conhecimento que o DNA consiste em duas cadeias de nucleotídeos complementares e antiparalelas formando uma dupla-hélice. Essa descoberta teve grande influência no desenvolvimento da biologia molecular, e posteriormente na engenharia genética que ocorreu no final do século 20, modificando assim todo pensamento antigo sobre o ácido desoxirribonucleico (DNA) (ANDRADE; CALDEIRA 2009).

Os avanços científicos das últimas décadas levaram ao desenvolvimento de técnicas que permitiram isolar, purificar, examinar e manipular os fragmentos de DNA, o que permite compreender não só a parte estrutural da molécula, mas também o seu funcionamento interno (GARCIA; CHAMAS 1996).

O desenvolvimento dessas ferramentas para a manipulação do DNA tiveram grande impacto. Inicialmente a biotecnologia esteve centrada na questão da saúde humana e animal, em que se utilizou de micro-organismos para a fabricação de

antibióticos. Relatos de culturas de células *in vitro* são datados da Segunda Guerra Mundial, quando cultura de *Penicilliumnotarum* era usada para a produção do antibiótico penicilina cuja ação como antibiótico foi descoberta por Alexander Fleming em 1929. Entretanto na década de 1970, o desenvolvimento das metodologias de uso do DNA recombinante e do sequenciamento do DNA proporcionaram grandes avanços na ciência (BENNETT & CHUNG, 2001).

Uma das descobertas foram as enzimas de restrição, as quais permitem que o DNA extraído seja manipulado (“cortado”) em laboratório. Estas enzimas são obtidas de bactérias e tem a função de fazer quebras na fita dupla do DNA em locais (ou sítios) que apresentem uma sequência específica de nucleotídeos, chamados sítios de corte. Existem dezenas de enzimas de restrição diferentes e cada uma reconhece uma combinação de nucleotídeo, permitindo aos pesquisadores realizar cortes de maneira planejada. Alguns exemplos de enzima de restrição são a Alu I, isolada da bactéria *Arthrobacterluteus*, cujo sítio de corte é 5'-AGCT-3', a EcoRI, isolada de *Escherichia coli* cepa RY13, com sítio 5'-GAATTC-3' e a HaeIII, isolada de *Haemophilusaegypticus*, com o sitio de corte 5'-GGCC-3'. Após o corte do DNA nas regiões de interesse, enzimas chamadas ligases fazem a união dos fragmentos de DNA, o que possibilita, por exemplo, a combinação de pedaços de DNA de organismos diferentes (WATSON, et al., 2009).

O uso das enzimas de restrição e ligases permitem a mistura de sequências de DNA de espécies diferentes ou modificação de genes da própria espécie, sendo este processo chamado de Tecnologia do DNA Recombinante, que constitui a chamada área da Engenharia Genética (WATSON et al., 2009).

A Reação em Cadeia da Polimerase (PCR – Polymerase Chain Reaction), a qual permite a cópia de partes do DNA em laboratório, o que permitiu o rápido desenvolvimento do estudo de sequências de ácidos nucleicos (MOLINA et al., 2004). Mullis, em 1993 recebeu o prêmio Nobel em química pela descoberta do PCR junto com Michael Smith, e desde então, esta metodologia vem sendo utilizadas em diversas áreas; são exemplos: identificação de polimorfismo, genotipagem, detecção de microrganismos, doenças genéticas, entre outras (COSTA 2010).

A técnica de PCR promove, por meio de etapas de variação de temperatura, a duplicação de cadeias de DNA *in vitro*. A reação de amplificação de DNA por PCR

envolve o emprego dos quatro nucleotídeos (dNTP's) do DNA, sequências iniciadoras (primers) e uma DNA polimerase termoestável. Assim, é possível a obtenção de muitas cópias de uma sequência específica de ácido nucléico, a partir de uma fita molde. O princípio da PCR envolve três etapas básicas de variação de temperatura por ciclo, ou seja: a) Desnaturação da fita molde de DNA - etapa com duração entre 30s a 1 min a temperatura entre 92 °C a 96 °C; b) Pareamento de dois iniciadores sintéticos de composições distintas, que funcionam como os iniciadores da reação de polimerização, ligando-se à região complementar da fita de DNA alvo que sofrerá a duplicação. Etapa com duração de 30 s a 1 min a temperatura entre 58 °C e 65 °C; c) Amplificação por meio da enzima Taq DNA polimerase, das novas fitas de DNA a partir de cada um dos iniciadores, utilizando os quatro dNTP's como substrato da reação de polimerização. Etapa com duração entre 45 s e 1 min a 72 °C (COSTA, 2009).

A introdução da técnica de PCR, permitiu o rápido avanço na técnica de genética molecular tem revolucionado a prática da patologia, anatomia e análises clínicas. As técnicas moleculares são agora aplicáveis a todas as áreas do laboratório clínico. Na anatomia patológica, apesar das análises morfológicas ainda serem a principal ferramenta de trabalho, resultados dos estudos de genética molecular têm integrado, cada vez mais, os diagnósticos nas análises cirúrgicas. Atualmente, existem várias técnicas para análises molecular e manipulação do DNA, e as novidades são descritas com frequência, o que resulta em um rápido avanço do conhecimento adquirido. Isso permite um grande avanço na área da genética com benefícios concretos para as diferentes áreas do conhecimento (MOLINA; TOBO, 2004).

Além disso, com a descoberta do DNA sentiu-se a necessidade de conhecer essa molécula de DNA, o que levou à busca por técnicas que possibilitassem uma leitura exata da sequência e que determina todas as características. Então surgiu o sequenciamento de DNA, que é um conjunto de processos químicos que tem por objetivo determinar a ordem em que as bases nitrogenadas, Adenina (A), Citosina (C), Timina (T) e Guanina (G), se dispõem no material genético dos organismos (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV 2005).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as contribuições que os avanços na área da Genética que permitiram a análise e manipulação do DNA trouxeram à sociedade.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa exploratória bibliográfica, desenvolvido a partir de material já elaborado, constituído de artigos científicos. Este estudo teve como questão refletir sobre os benefícios dos avanços da genética para a área da saúde e agropecuária. Para isto, foram realizadas buscas em sites como: Scielo, Google Acadêmico, livros.

Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Marcadores moleculares; Transgênicos; Genômica; Produção de alimentos; Genética Molecular; Biotecnologia; Saúde Pública.

Ao todo foram encontrados 60 artigos, dos quais somente 51 foram utilizados por terem relevância com o tema e estarem disponíveis na íntegra.

Discussão

Desde o desenvolvimento das primeiras técnicas para análise e manipulação do DNA outras ferramentas moleculares têm sido descritas e atualmente é possível analisar vários aspectos relativos aos componentes genéticos de interesse, contribuindo assim para grandes avanços na agricultura, pecuária e na saúde humana. Um exemplo marcante dessa contribuição para o avanço da biotecnologia animal foi demonstrado com o gene *halotano* na suinocultura, que está associado a uma maior deposição de músculo na carcaça, mas com maior propensão à produção de uma carne PSE (pálida, mole e exsudativa) (DE VRIES et al., 1998; BRIDI et al., 2006).

No passado, o teste para a identificação dos animais livres dessa síndrome era feito com o uso do anestésico halotano, por um método trabalhoso e que não permitia diferenciar os animais homozigóticos normais dos portadores da mutação na população. A identificação da mutação causal dessa condição permitiu o desenvolvimento de um teste genético simples, que permite, a partir de uma amostra de pelo do animal, identificar os indivíduos normais, heterozigóticos e

recessivos, facilitando o estabelecimento de linhagens livres dessa mutação (FUJII et al., 1991).

Os marcadores moleculares, têm sido uma ferramenta poderosa para a identificação das mutações que influenciam características controladas por um ou poucos genes. A identificação dos alelos associados a essas características complexas nas populações somente foi possível a partir do desenvolvimento e da localização de marcadores moleculares polimórficos no genoma, especialmente os microssatélites e os polimorfismos de base única (SNP), permitindo a construção de mapas genéticos saturados e, conseqüentemente, o mapeamento de *locos* de características quantitativas (QTL) (COUTINHO et al., 2010).

Na agricultura, o melhoramento de plantas é empregado desde os tempos mais remotos. Afirma-se ainda que com o melhoramento vegetal possibilitou a domesticação de plantas, o que sem dúvida revolucionou a forma como o homem obtinha seu alimento (BORÉM & MILACH 2010, p. 69).

Antes da Revolução Agrícola, eram necessários aproximadamente 2.500 ha de terra para alimentar um ser humano, pois este dependia quase que exclusivamente da caça como meio de subsistência. Com o pastoreio, houve um progresso significativo, visto que a partir daí bastavam 250 ha para alimentar uma pessoa. Finalmente na atualidade, devido ao surgimento da agricultura e com os subsequentes progressos técnico-científicos, 250 ha de terra são suficientes para produzir alimentos para cerca de 3.600 pessoas (PATERNIANI2010).

No melhoramento convencional muito se utiliza do cruzamento sexual entre plantas da mesma espécie ou ainda entre parentes muito próximos, com vistas à seleção e fixação dos genes de interesse em novas linhagens vegetais geradas a partir desse cruzamento (FERREIRA & FALEIRO, 2010, p. 773).

O melhoramento vegetal biotecnológico, por sua vez, pode buscar genes de interesse em espécies diferentes, introduzindo características que dificilmente seriam apresentadas pela planta na natureza. Para tanto é imprescindível a atuação da engenharia genética, a qual tem a função de introduzir o gene de interesse no vegetal desejado (FERREIRA & FALEIRO, 2010, p. 776). Esse é o método utilizado na produção de plantas transgênicas, as quais que tiveram seu DNA modificado pela inserção de material genético oriundo de outros organismos vivos que podem ou não pertencer ao Reino Vegetal, podendo destacar o milho a

soja e o arroz. Essa alteração gênica possibilita o desenvolvimento de uma variedade que muito dificilmente apareceria no meio ambiente por meio dos métodos convencionais (GENETICALLY, 2010, s/p).

Com relação à área da Saúde Humana, o avanço no campo da genética molecular humana propiciado pelo Projeto Genoma Humano conduziu a uma rápida identificação e caracterização dos genes e das alterações gênicas (mutações) responsáveis pelas doenças humanas (OECD, 2005). A Base de Dados "Online Mendelian Inheritance in Man" lista 2.238 características físicas e/ou bioquímicas humanas com base molecular conhecida (OMIM, 2008). Uma consequência da expansão deste conhecimento científico é o desenvolvimento de testes genéticos moleculares, isto é, testes diagnósticos baseados na tecnologia de análise de DNA.

Os testes genéticos moleculares podem ser classificados de acordo com a finalidade de sua utilização: (1) testes com finalidade diagnóstica confirmatória, utilizados para confirmar ou excluir o diagnóstico de uma doença genética em um indivíduo sintomático; (2) testes com finalidade de triagem pré-natal, neonatal ou para identificação de portadores assintomáticos de uma doença autossômica recessiva ou ligada ao cromossomo X, que não apresentam risco de desenvolver a doença, mas podem transmiti-la a sua descendência; (3) testes preditivos, sejam testes pré-sintomáticos que identificam indivíduos saudáveis que mais tarde apresentarão uma doença hereditária, sobretudo doenças autossômicas dominantes de início tardio, ou testes de identificação de susceptibilidade genética a doenças comuns multifatoriais ou complexas ou testes preditivos de resposta a medicamentos (CALDERÓN E DE LA BLANCA, 2005).

Um bom exemplo nesse caso são os testes moleculares que detectam mutações associadas ao câncer. Os cânceres ou neoplasias malignas vêm assumindo um papel cada vez mais importante entre as doenças que acometem a população feminina, representando, no Brasil e no mundo, importante causa de morte entre as mulheres adultas. O câncer de mama é o segundo tipo de câncer mais frequente no mundo. Segundo estimativa do Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2006a). No Brasil, as taxas de mortalidade por esta neoplasia continuam elevadas, muito provavelmente porque a doença ainda é diagnosticada em estádios avançados (INCA, 2015).

Estima-se que 5 a 10% dos casos de câncer de mama são identificados em indivíduos que apresentam mutações herdadas de maneira autossômica dominante, sendo que uma parcela destas está associada a mutações nos genes supressores tumorais BRCA1 e BRCA2. Outros genes também relacionados ao câncer de mama são o TP53, PTEN, CHK2, ATM e STK11 (CLAUS et al., 1996). Indivíduos portadores de mutação nos genes BRCA1 e/ou BRCA2 encontram-se sob elevado risco para o desenvolvimento do câncer de mama, sendo que nas mulheres com esta neoplasia, mutações são encontradas em aproximadamente 0,3%. (FORD et al., 1995).

Inicialmente a identificação desses genes levou vários laboratórios a oferecer testes de DNA (a custos altíssimos) à população feminina, supostamente para identificar as pessoas portadoras de mutações nesses genes e poder oferecer um tratamento preventivo àquelas com resultados positivos. Atualmente, com o desenvolvimento de novas ferramentas moleculares para análise do DNA o custo dessa análise reduziu tornando-se algo acessível (embora ainda não se possa considera-lo de baixo valor). Para as mulheres com história familiar de câncer de mama a detecção precoce pode ser muito importante para o tratamento preventivo. Entretanto, a questão ética é se esses testes devem ser feitos na população feminina em geral. Isso porque o risco global que uma mulher, sem história familiar, tem de desenvolver um câncer de mama ao longo da vida é da ordem de 10%, enquanto o câncer hereditário constitui apenas 1-2% dos casos (PONDER, 1997).

Com relação a Genética Humana, outra grande contribuição dos recentes avanços foi a possibilidade de analisar o perfil genético de um indivíduo e assim resolver questões relativas a paternidade, por exemplo. No perfil de DNA, somente algumas regiões do DNA são analisadas. Essas regiões são denominadas de marcadores genéticos ou moleculares, como os VNTR (*variable number of tandem repeats*), sequências curtas de nucleotídeos que ocorrem em números variáveis dentro dos grupos de repetições em tandem. O número de repetições encontradas em um grupo pode variar de um local para o seguinte dentro do genoma de um determinado indivíduo, e irá variar entre indivíduos, exceto em gêmeos idênticos (MALACINSKEI, 2005; ZAHA, 2003).

No caso do teste de paternidade, como cada indivíduo resulta da união de dois gametas, um materno e outro paterno que originam o zigoto, e a partir daí que se desenvolvem todas as células, portanto cada indivíduo herda informações genéticas do pai e da mãe. A avaliação do patrimônio genético que um filho herdou da mãe e do suposto pai possibilita a exclusão ou inclusão desse pretense pai como possível pai biológico. Se este possuir as características hereditárias transmitidas ao filho, não pode ser excluído da paternidade e o resultado é apresentado em probabilidade de paternidade (CURI et al., 2001).

Além disso, a análise molecular do DNA Forense na perícia tem contribuído para solução de crimes. As evidências biológicas (manchas de sangue, cabelo, sêmen, etc.) encontradas nas cenas de crimes podem ter o seu DNA extraído, e, a partir do estudo dessa molécula, é possível a identificação molecular do suspeito. Assim, para que a técnica de identificação pelo DNA seja plenamente realizada, a amostra biológica a ser analisada deve ser corretamente escolhida, transportada, coletada e armazenada (SILVA & PASSOS, 2006). O DNA forense é aplicado na identificação de suspeito em caso de crimes sexuais (estupro, atentado violento ao pudor); identificação de cadáveres carbonizados, em decomposição, mutilados, etc; na investigação de paternidade em caso de gravidez resultante de estupro; aborto (LEITE, et al., 2005).

A Lei 12.654/2012 dispõe no artigo 7º-B que os perfis genéticos serão armazenados em bancos de dados sigilosos, cuja regulamentação deve ser expedida pelo Poder Executivo (Constituição Federal). De fato, o DNA pode ser utilizado como meio de prova e já é utilizado com bastante eficiência na determinação da paternidade e na identificação de desaparecidos e vítimas de tragédias e desastres. Em crimes sexuais, nos casos em que o autor é pessoa conhecida, o banco de dados pode se apresentar como um meio eficaz de combate à impunidade. (SCHIOCCHET, 2012).

A análise de polimorfismos genéticos presentes no DNA associada a informações pessoais, como o peso, altura, sexo, idade e etnia podem ajudar a determinar o melhor programa de atividade física e educação alimentar para o indivíduo. Programas para controle de peso como a GenoVive Brasil utiliza marcadores genéticos com objetivo de ajudar pessoas a atingir suas metas baseado na dieta e exercícios físicos. O genótipo será sempre representado por dois alelos

(A, T, C ou G) que se encontram em duplas, sendo um herdado da mãe e o outro do pai. É a variação entre a composição desses alelos que fazem com que as pessoas respondam de forma diferente aos diversos tipos de alimentos (GENOVIVE, 2016).

O perfil genético oferece detalhes sobre como o corpo processa as gorduras e os carboidratos. Algumas variantes indicam que o metabolismo de carboidratos diminuiu em determinadas pessoas, enquanto outras nos permitem identificar indivíduos que estão propensos a apresentar dificuldade no metabolismo de gordura. Os genes ajudam a determinar o quão fácil ou difícil será manter uma alimentação saudável. A compulsão pelo comer, o prazer de comer e a saciedade são influenciados por hormônios como a Grelina, Leptina e Dopamina. Além disso, também são analisadas informações genéticas associadas como a compulsividade pela ingestão de açúcar e a sensibilidade aos sabores amargo, doce e ácido (GENOVIVE, 2016).

Considerações Finais

As alterações genéticas associadas a saúde e agropecuária estão bem caracterizadas, e tem trazido grandes benefícios para a sociedade, tanto para a preservação quanto ao diagnóstico de algumas doenças. A partir das análises de base genética individual são feitas a partir de técnicas moleculares e que podem detectar a presença de mutações genicas sendo assim é possível uma tomada de medidas preventivas, reduzindo taxa de incidência de doença e contribuindo assim para grandes avanços na agricultura, pecuária e na saúde humana.

Referências Bibliográficas

ANTONIO DO NASCIMENTO Engenheiro-Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS antonio.rosa@embrapa.br<<MELHORAMENTO GENETICO Aplicado em Gado de Corte PROGRAMA GENEPLUS, 2013, EMBRAPA>.

BARBOSA, R. T.; MACHADO, R. **Panorama da inseminação artificial em bovinos. Documentos 84.** Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos. 2008.

BENNETT, J. W; CHUNG, K.-T. Alexander Fleming and the discovery of penicillin. **Advances in Applied Microbiology**, v.49, p.163-84, 2001.

BORÉM, Aluízio; FERRAS, Daniel Amin; SANTOS, Fabrício R. DNA e Direito. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília-DF, nº 22p.42-44, set/out.2001

BORÉM, Aluízio; MILACH, Sandra Cristina Kothe. **Melhoramento de plantas**.

Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio07/encarte7.pdf>>

BURROW, H.M.; CORBET, N.J. Genetic and environmental factors affecting temperament of zebu and zebu-derived beef cattle grazed at pasture in the tropics. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 51, p.155-162, 2000

BRASIL, Albert Einstein. Oncologia. Disponível em: <<https://www.einstein.br/especialidades/oncologia/exames-tratamentos/testes-brca1-brca2>>.

CAIRES, N.F.R. **Sobrepeso e obesidade entre os funcionários da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia**. 2004. Tese (Mestrado em Saúde Coletiva) – Departamento de Saúde Pública – Universidade Estadual de Feira de Santana – Bahia.

CALDERÓN, S. C. E DE LA BLANCA, E. B. P. **Marco para la evaluación de las pruebas genéticas em el Sistema Sanitario Público de Andalucía**. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Sevilla. 2005

CIÊNCIA E NATURA, Santa Maria, v. 36 n. 2 set- dez. 2014, p. 358-372 **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas** – UFSM.

CLAUS EB, SCHILDKRAUT JM, THOMPSON WD, RISCH NJ. The genetic attributable risk of breast and ovarian cancer. **Cancer**. 1996 Jun 1;77(11):2318-24.

COSTA, S. A. **Manual prático de inseminação artificial**. Goiânia. Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás. 1990. 20 p.

COSTA, Ronaldo de Jesus. **Técnica de Biologia Molecular: PCR (Reação em Cadeia da Polimerase)**. 2009

CONSTITUIÇÃO FEDERAL, artigo 22, inciso I. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm.

COUTINHO, L. L. et al. A genômica na bovinocultura de corte. In: PIRES, A. V. (Ed.) **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: Fealq, 2010. v.2, p.813-26.

CURI, R. A.; LOPES, C. R. Teste de paternidade em bovinos. **Rev. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, nº 21, p. 40-45, 2001.

DUARTE, F. A. M. CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA, **Comitê sobre a Avaliação do DNA como prova forense**. Funpec RP, 2001.

DOLINSKY, Luciana Cresta, PEREIRA, Lissiane M. C. Veras. DNA Forense : artigo de Revisão. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 2, n.2, p.11-22, jul/dez. 2007.

ESTIMATIVA 2008-**Incidência de câncer do Brasil**. Brasília: Instituto Nacional do Cancer (INCA), Ministério da Saúde, 2005. www.inca.gov.br. Acesso setembro de 2011.

EASTON DF, BISHOP DT, FORD D, CROCKFORD GP. Genetic linkage analysis in familial breast and ovarian cancer: results from 214 families. The Breast Cancer Linkage Consortium. **Am J Hum Genet**. 1993 Apr;52(4):678-701.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. p. 279.

FERREIRA, M. E.; FALEIRO. F. G. **Biotecnologia: avanços e aplicações no melhoramento genético vegetal**. Disponível em: <[http://simposio .cpac. Embrapa. br/simposio/projeto/palestras/capitulo_23.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio/projeto/palestras/capitulo_23.pdf)>.

FOOTE, R. H. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1-10, 2002.

FORD D, EASTON DF, PETO J. Estimates of the gene frequency of BRCA1 and its contribution to breast and ovarian cancer incidence. **Am J Hum Genet**. 1995 Dec;57(6):1457-62. PubMed PMID: 8533776.

FUJII, J. et al. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v.253, p.448-51, 1991.

GENETICALLY modified organisms. Romer Labs. Disponível em: < <http://www.romerlabs.com/gmo.html#top>>

GRATTAPAGLIA, D et al. **Brazilian population database for ter 13 STR loci of terAmpf/STR Profiler Plus TM and Cofiler TM multiplex Kits**. Forensic Science International – Elsevier. São Paulo, 2001

HUEN MS, Sy SM, CHEN J. BRCA1 and its toolbox for the maintenance of genome integrity. **Nat Rev Mol Cell Biol**. 2010 Feb;11(2):138-48.

INCA- Instituto Nacional de Câncer (2006b). Programa Nacional de Controle do Câncer do Colo do Útero e de Mama “Viva Mulher”. <http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=140>.

KARY B. MULLIS - **Nobel Lecture: The Polymerase Chain Reaction**. www.nobelprize.org.

LEONARDO MARTÍN NIETO Bacharel em Genética, D.Sc., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Programa Geneplus - Embrapa e Professor da Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS leonardo.nieto@geneplus.com.br<MELHORAMENTO GENETICO Aplicado em Gado de Corte PROGRAMA GENEPLUS, 2013, EMBRAPA>.

LEITE, Fábio et al. **DNA Forense: Exames de DNA Humano in Criminalística - procedimentos e metodologia**, Tocchetto, D. - coord., Porto Alegre: Cleuza dos Santos Novakc, 1 edição: 2005. Capítulo XIII, p. 242-243

LIMA, L. O. **Direito Médico - Utilização de Polimorfismo em Análises Forenses**. Edição:2006. Disponível em: <http://www.geneticaffcmpa.fch.br>

MARTINS, C. F.; SIQUEIRA, L. G. B.; OLIVEIRA, C. T. S. A. M.; SCHWARZ, D. G. G.; OLIVEIRA, F. A. S. A. M. de. **Inseminação artificial: uma tecnologia para o grande e pequeno produtor**. Planaltina, DF. 2009,33 p. Embrapa Cerrados, Documentos 261.

MAURICIO MELLO DE ALENCAR Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Área de Melhoramento Genético Animal, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP mauricio.alencar@embrapa.br<<MELHORAMENTO GENETICO Aplicado em Gado de Corte PROGRAMA GENEPLUS, 2013, EMBRAPA>.

MALACINSKEI, GEORDE M. **Fundamentos da Biologia Molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

MOLINA, Adriana Lopes, TOBO, Patrícia Renovato. **Uso das Técnicas de Biologia Molecular para Diagnóstico.** Disponível em: <http://www.einstein.br/biblioteca/artigos/Vol2Num2/Serie%20Biologia%20parte%202.pdf>.

MCARDLE WD, KATCH FL, KATCH VL. **Fisiologia do Exercício, energia, nutrição e desempenho humano.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. SNP 2008. **Estados Unidos da América: NCBI;** 2008. Disponível em: URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez>

OECD. **Quality Assurance and Proficiency Testing for Molecular Genetic Testing: Summary Results of a Survey of 18 OECD Member Countries.** OECD - Organisation for Economic CoOperation and Development. Paris. 2005. Disponível em: <http://www.oecd.org/science/emerging-tech/34779945.pdf>

OMIM. **Charcot-Marie-Tooth Disease, Demyelinating, Type 1B; CMT1B.** McKusick-Nathans Institute of Genetic Medicine, Johns Hopkins University and National Center for Biotechnology Information, National Library of Medicine. Baltimore (MD) and Bethesda (MD): June 21. 2005. (MIM Number: 118200).

PATERNIANI, Ernesto. **Das plantas silvestres às transgênicas.** A PATERNIANI, Ernesto. Técnicas de manipulação genética em plantas: Uma análise crítica. Disponível em: < <http://www.geneticanaescola.com.br/ano1vol1/09.pdf> >.

PIERCE, Benjamin A. **Genética - Um enfoque Conceitual.** Southwester University 2016 Tradução Beatris Araujo do Rosario. 5ª edição. Rio de Janeiro.

PRAYAGA, K.C.; CORBET, N.J.; JOHNSTON, D.J. Genetics of adaptive traits in heifers and their relationship to growth, pubertal and carcass traits in two tropical beef cattle genotypes. **Animal Production Science**, v. 49, p. 413–425, 2009.

PONDER, B. "Genetic testing for cancer risk". **Science**, n.278, 1997, p.1.050-1.054.

SILVA, LuisAntonio Ferreira; PASSOS, Nicolas Soares. **DNA Forense - Coleta de Amostra Biológicas em Locais de Crimes para Estudo do DNA.** Maceió: UFAL, 2006. 84p.

SCHIOCCHET, Taysa (coord.). **Bancos de perfis genéticos para fins de persecução criminal. Projeto Pensando o Direito. Relatório n.43.** São Leopoldo: Ministério da Justiça, 2012. p. 52.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA, **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

SHENDURI, J.; HANLEE, J. Next- Generation sequencing DNA. **Nature Biotechnology**, v. 26, n. 10, 2008.

WHITE MF. The IRS - signaling system: a network of docking proteins that mediate insulin action. **Mol CellBiochem**, 1998;182:3-11.

ZAHA, A. **Biologia Molecular Básica**. 3 ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2003.

ZHANG J, Powell SN. The role of the BRCA1 tumor suppressor in DNA double-strand break repair. **Mol Cancer Res**. 2005 Oct;3(10):531-9.

Desenvolvimento de um jogo de mesa como ferramenta lúdica no processo de aprendizagem, sobre recursos hídricos, para adolescentes

Development of a board game as a playful tool in the learning process, on water resources, for adolescents

Diogo Kazu Queiroz¹
Rony Felipe Gadagnotto¹
Natalia Felix Negreiros²
Denise Junqueira Matos³

RESUMO

Atividades lúdicas, como jogos, desenvolvem capacidades como reflexão sobre a realidade, papel social, questionamentos, interação e absorção de conteúdos. Dessa forma, o trabalho objetivou desenvolver um jogo de mesa sobre gerenciamento de recursos hídricos para alunos do ensino fundamental e médio. Foram estabelecidas as regras que consistem em captação de energia e água para a produção de bens que geram pontos de vitória.

Palavras-Chave: Jogos Educativos, Lúdico, Meio Ambiente, Ferramenta Pedagógica

ABSTRACT

Play activities, such as games, develop abilities such as reflection on reality, social role, questioning, interaction and absorption of contents. Thus, the objective of the work was to develop a board game about water resources management for elementary and high school students. Rules were established that consist of energy and water abstraction for the production of goods that generate victory points

Key Words: Educational Games, Playful, Environment, Pedagogical Tool.

¹Acadêmicos do curso de Engenharia de Bioprocessos, 10º termo no Unisalesiano – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba. E-mail: dk_keiroz@hotmail.com/ronygadagnotto@hotmail.com

²Bióloga. Doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar e Professora do Unisalesiano – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba. E-mail: natalia.felix@yahoo.com

³Bióloga. Doutoranda em Ciência Animal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP e Professora do Unisalesiano – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba. E-mail: dejunmatos@hotmail.com

Introdução

As aulas aplicadas no ensino das Ciências Biológicas ou exatas podem causar uma impressão de algo difícil, podendo gerar o desinteresse pelo conhecimento que as mesmas têm a oferecer. Livros e exercícios propostos por materiais escolares são vistos como desinteressantes na visão dos alunos (KRASILCHIK,2004).

Para diminuir esse fato, educadores tendem a explorar e colher recursos para tornar o ensino mais atrativo e cativante, com formas descontraídas, atividades práticas e vídeo aulas. (SONCINI e CASTILHO, 1990).

O ensino com um jogo, envolvendo o tema relacionado com as matérias curriculares pode motivar a interação entres os jovens participantes do jogo como perspectivas, deduções, trabalho em equipe, assimilação com o conteúdo dado em aula, desenvolver a capacidade de planejamento, organização, interações entre os jogadores desenvolvendo o convívio social.(ZANON *et al.*, 2008).

O lúdico apresenta suavidade às matérias aplicadas propondo um ambiente mais passível de prazer e motivação (GRÜBEL,2006).

Jogar é se sentir inserido em uma dimensão fantasiosa, superar os desafios e seus resultados incertos. O jogo passa pelo criativo, pela autonomia e também pode conduzir por experiências com situações simuladas, as vezes proibidas e perigosos em nossa vida rotineira (SOUTO *et al.*,2005).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver um jogo de mesa que aborda o uso de recursos hídricos, para alunos de Ensino Fundamental e Médio.

Metodologia

O jogo foi denominado “*Energy Chain*” e elaborado para ser de mesa, tipo “Table Top”, inspirado em outros jogos como “Euro Games”. Foi escolhido como tema a ser desenvolvido, o uso de energia, para diversas atividades como a captação da água, sua transformação, a maneira como são produzidos os recursos e a geração de impacto ambiental.

O jogo consiste em captação de energia e água, fazendo com que esses recursos sejam utilizados para produção de bens, posteriormente gerando pontos de vitória, condição para designar o vencedor da partida. Uma observação, os “Pontos de poluição” acarretarão em “pontos negativos”.

Composto por cartas que representam locais, nele indica locais de captação e produção de recursos, cada local é representado por um lugar onde se pode captar energia ou água, ou transformar estes recursos em um bem manufaturado. Cada local possui uma quantidade limitada de espaços onde será alocado trabalhadores para realizar a ação do local.

Componentes do jogo

Será composto por 16 trabalhadores em cores diferentes (4 azuis, 4 amarelos, 4 vermelhos e 4 verdes), conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1: Trabalhadores. Fonte: Autores

7 Cartas de locais de ação

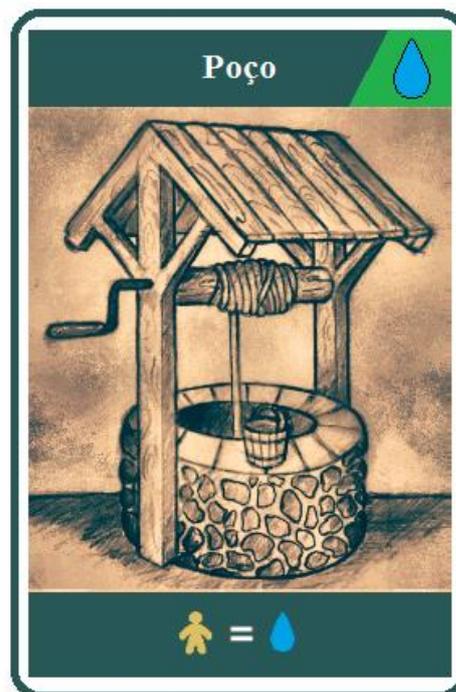
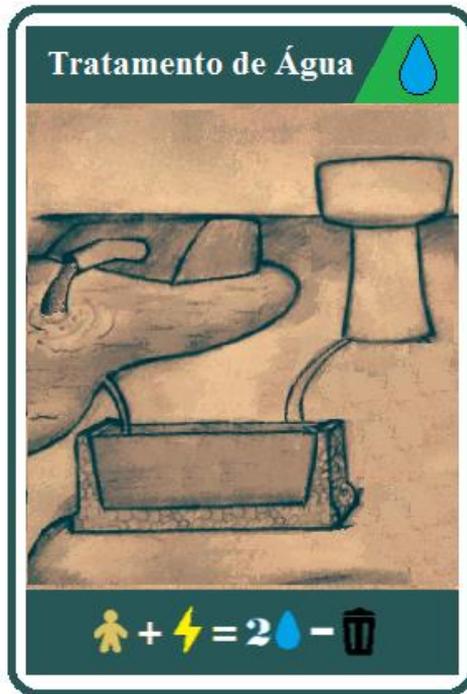
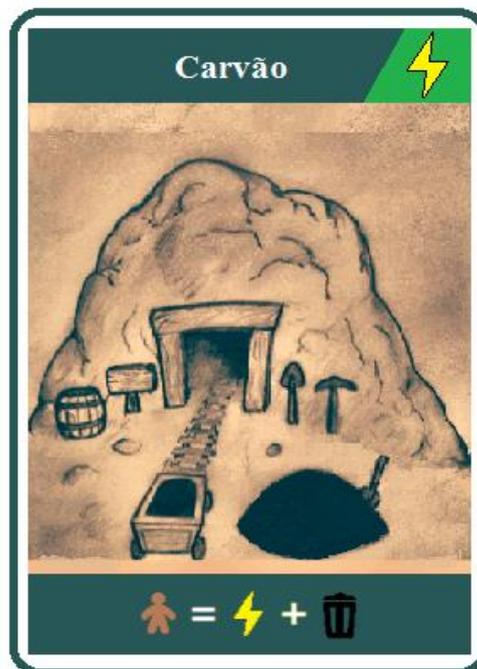


Figura 2: Local de ação Poço. Fonte: Autores.**Figura 3:** Local de ação Tratamento de água. Fonte: Autores.**Figura 4:** Local de ação Carvão. Fonte: Autores.

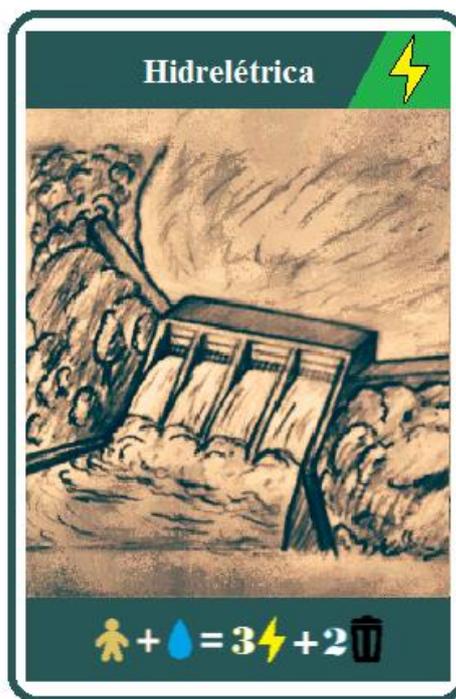


Figura 5: Local de ação Hidrelétrica. Fonte: Autores.

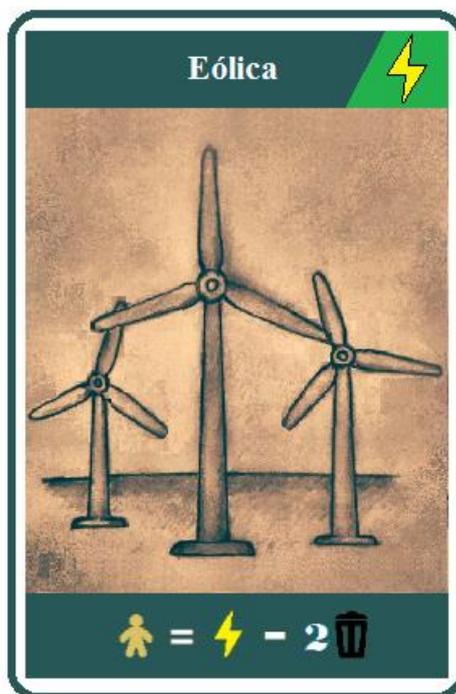


Figura 6: Local de ação Eólica. Fonte: Autores.

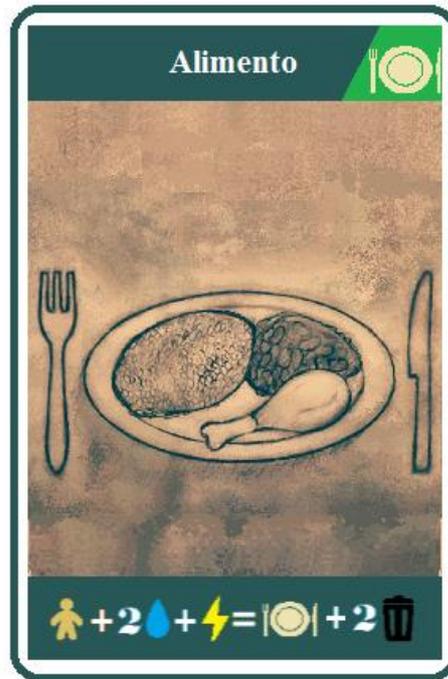


Figura 7: Local de ação Alimento. Fonte: Autores



Figura 8: Local de ação Tecido. Fonte: Autores.

1 Marcador de rodadas



Figura 9: Marcador de rodadas. Fonte: Autores

1 Marcador de poluição



Figura 10: Marcador de poluição. Fonte: Autores

Marcadores nas cores azul, amarelo, vermelho e verde

Regras

Primeiro distribua as cartas de locais, de maneira que fiquem ao alcance de todos os jogadores.

No início do jogo cada jogador começará com 2 trabalhadores, 1 de energia e 1 de água. Em sentido horário, cada jogador irá realizar ações até que todos tenham alocado todos os seus trabalhadores e realizadas suas ações das localidades.

O jogo segue até que todos os jogadores tenham realizado suas ações, o jogador pode optar em não utilizar todos os seus trabalhadores. Declarado que não irá mais utilizar seus trabalhadores, o jogador não poderá realizar mais ações, passando a sua vez automaticamente. Terminada a fase de ações, todos os jogadores recolhem seus trabalhadores, move-se o marcador de turno, e inicia-se uma nova rodada.

O jogo se passa em 7 rodadas, onde o jogador inicial é definido aleatoriamente no início da partida, ao término da primeira rodada, o próximo

jogador será definido aquele que possuir menos marcadores de poluição, caso haja empate o jogador que passou primeiro será o novo jogador inicial.

Nas rodadas 3 e 5 cada jogador receberá 1 trabalhador. (colocado próximo ao marcador de rodadas 1 trabalhador para cada jogador nas rodadas 3 e 5).

Fase de ações

O jogador poderá alocar seus trabalhadores nos locais de ações, recebendo assim o recurso gerado pelo local. Exemplo: se um jogador alocar 1 trabalhador na captação de água ele receberá 1 de água.

Há locais em que além de alocar o trabalhador, há um custo de recursos que precisam ser gastos para gerar um produto. Exemplo: se um jogador alocar 1 trabalhador na produção de alimentos, ele precisará pagar 2 de água e mais 1 de energia, recebendo 1 de alimento.

Terminada a fase de ações move-se o marcador de rodada. (Lembre-se de pegar 1 trabalhador nas rodas 3 e 5).

Locais de ação

Captação de água

Poço

Alocado um trabalhador receba 1 de água.

Tratamento de água

Alocado um trabalhador e pagando mais 1 de energia por trabalhador receba 2 de água e diminua 1 de poluição.

Captação de energia

Carvão

Alocado um trabalhador receba 1 de energia e 1 de poluição.

Hidrelétrica

Para cada trabalhador alocado e pagando mais 1 de água por trabalhador receba 3 de energia e 2 de poluição.

Eólica

Para cada trabalhador alocado receba 1 de energia e diminua 2 de poluição. Pode ser alocado **apenas 2 trabalhadores por jogador**.

Produção de alimentos

Para cada trabalhador alocado e pagando mais 2 de água e 1 de energia receba 1 alimento e 2 de poluição. Cada alimento vale 3 pontos no final do jogo.

Produção de tecido

Para cada trabalhador alocado e pagando mais 1 de água e 2 de energia receba 1 tecido e 3 de poluição. Cada tecido no final do jogo vale 5 pontos.

Regras para o número de jogadores:

2 jogadores: cada local de ação só pode ser ocupado por 1 jogador.

3-4 jogadores: cada local de ação só pode ser ocupado por 2 jogadores.

Observações:

Há um limite máximo de 10 de poluição para cada jogador; atingindo a marca de 10 de poluição o jogador não poderá realizar ações que gere poluição.

O limite de diminuição de poluição é sempre **zero**. (Exemplo: Se um jogador possuir 1 de poluição e diminuir 2, ele terá zero de poluição).

Não há limites de recursos obtidos.

Final de jogo

Após o final da rodada 7, cada jogador irá somar sua pontuação de acordo com os seus recursos gerados:

Cada alimento vale 3 pontos.

Cada tecido vale 5 pontos.

A cada 2 de água vale 0,5 ponto. (Arredondando para cima)

A cada 2 de energia vale 1 ponto.

Cada marcador de poluição -1 ponto.

O jogador com mais pontos vence a partida. Caso haja um empate os jogadores compartilham a vitória.

Design do jogo

A realização do projeto do jogo foi feita à mão livre ,para a criação da arte do jogo, utilizou-se um lápis HB nº2 e folha A4.

As figuras foram fotografadas por uma câmera de celular e a edição foi realizada pela plataforma livre “*Android*”, e utilização do aplicativo “*Vintro*”, por se tratar de uma ferramenta gratuita de edição. Foram aplicados filtros e efeitos

para sombreamento, nitidez, melhoria dos traços do desenho e dar um aspecto *vintage* e de papel antigo à imagem conforme demonstrados nas figuras.

As imagens foram transferidas para um computador e editadas no “*Paint*”, por ser um programa gratuito, de fácil manipulação e acesso presente na maioria dos computadores, fazendo parte do ‘pacote’ do sistema operacional “*Windows*”.

Para realizar a confecção do jogo foi utilizado uma tesoura *hobby* inox para o recorte nos formatos das cartas; foram então fixados utilizando cola branca sobre um pedaço de cartolina. Escolheu-se o uso da técnica caseira utilizando a mistura de cola branca com água e aplicando sobre as cartas para aumentar a impermeabilidade contra a água, alternativa mais barata que a plastificação.

Conclusão

Foi desenvolvido um jogo de cartas como auxílio do aprendizado em temas como sustentabilidade e gerenciamento inteligente dos recursos naturais, com função de auxiliar no processo desenvolvimento de jogos lúdicos trazendo técnicas de confecção simples, barata e acessível para o público em geral. Bem como a possibilidade de utilização deste jogo como ferramenta pedagógica alternativa de ensino.

É necessário a inventividade e a ludicidade na elaboração de novos instrumentos capazes de gerar uma aprendizagem significativa, atendendo ao maior número de jovens possível.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. **Ludicidade como Instrumento Pedagógico**. Disponível em: <<http://www.cdof.com.br>>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

FERRARI, M. (2005) Lino de Macedo: disciplina é um conteúdo como qualquer outro. Disponível em <http://revistaescola.abril.com.br/edicoes/0183/aberto/mt_73655.shtml> . Acesso em 5 de setembro de 2018. 2005.

GRUBEL, M.J. ; BEZ, M.R. (2006). Jogos Educativos. **Rev. Novas Tecnologias Educ.**, 4, 1-7

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. 4. ed. São Paulo: Ed. da USP, p.198, 2004

KONDER, L.A. (2006). **A ludicidade como fator libertador**. Nós da escola. Rio de Janeiro: Prefeitura/ Educação.

MACEDO, Lino de. **Ensaio pedagógico: Como construir uma escola para todos?** Porto Alegre: Artmed, 2005.

SONCINI, M.I. e CASTILHO, M. **Biologia**. Série: Formação de Professores. S. Paulo: Cortez. 1990

SOUTO, P.; PATRIARCHI, S.; OLIVEIRA, A.; SILVA, N.; SOUZA, P. (2005). Jogo dos predadores: uma nova maneira de abordar as adaptações dos vertebrados – II. Resultados da aplicação no “Biologia na praça” – 16º encontro regional de biólogos do CRBIO – 1 (UFMS), **Anais, I Encontro Nacional de Ensino de Biologia e III Encontro Regional de Ensino de Biologia da Regional RJ/ES** (pp. 388-390). Rio de Janeiro: UFRJ.

ZANON, D. A. V.; GEUERREIRO, M. A. S.; OLIVEIRA, R. de. **Jogo didático Ludo Químico para o ensino de nomenclaturas dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação**. Departamento de didática, UNESP – SP, 2008.

Desenvolvimento de softwares supervisório e embarcado para ambiente de microgravidade controlada

*Supervised and embedded software development for controlled microgravity
environment*

Crisman Penalva Santos¹
Edval Rodrigues de Viveiros²
Alexandre Marcelino da Silva³

RESUMO

O clinostat é um dispositivo que por intermédio da movimentação constante da posição angular da amostra altera a ação da força gravitacional sobre ela. A utilização de um aparelho como o clinostat pode trazer diversos benefícios para a colaboração e produção científica e tecnológica transdisciplinar, já que possibilita a integração de várias áreas do conhecimento. Diversos tipos de experimentos são possíveis de serem realizados com um clinostat, destacando-se pesquisa com nanopartículas magnéticas utilizados na fabricação de fármacos (como medicamentos para tratamento de câncer, diabetes e mal de Alzheimer), assim como na engenharia civil, elétrica e mecatrônica. Inclui-se, ainda, a possibilidade de estudos sobre os efeitos de determinadas substâncias para uso posterior na Medicina, Biologia, Fisioterapia, Nutrição e Química orgânica e inorgânica.

O desenvolvimento deste projeto aborda a metodologia utilizada para a elaboração de um software supervisório e gerenciamento dos experimentos e simulações do clinostat e da estufa e firmwares de controle dos dispositivos projetados.

Esse projeto é resultado e continuação de outros dois trabalhos de iniciação científica que desenvolveram os equipamentos para estudos e simulações de ambiente de microgravidade, os quais são o clinostat tridimensional, a estufa e a central de controle.

Palavras-Chave: clinostat, bioreactor, microgravidade, simulação.

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

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

³ Analista de sistemas, Professor Mestre do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

ABSTRACT

Clinostat is a device that change the action of gravitational force by means of constant movement of angular position of the sample. The use of a device such as clinostat can bring several benefits for collaboration and scientific production and transdisciplinary production, since it allows the integration of several areas of knowledge. So many kinds of experiments are possible with a clinostat, highlighting research with magnetic nanoparticles used in the manufacture of drugs (such as drugs for the treatment of cancer, diabetes and Alzheimer's disease), as well as in civil engineering, electrical and mechatronics. It also includes the possibility of studies on the effects of certain substance for later use in Medicine, Biology, Physiotherapy, Nutrition and Organic and inorganic Chemistry.

The project development approaches the methodology used for the elaboration of a supervisory software and management of the experiments, clinostat and greenhouse simulations and firmware for device control.

This project is result and continuation of two other of scientific research works that have developed equipment for studies and simulations of microgravity environment, which are the three-dimensional clinostat, greenhouse and control center.

Key-words: clinostat, bioreactor, microgravity, simulate.

Introdução

A gravidade tem importante papel na nossa reprodução e desenvolvimento. Afeta o crescimento de plantas, o desenvolvimento de bactérias, compostos orgânicos e inorgânicos e cristais. Um ambiente sem gravidade ou com níveis desprezíveis de gravidade afeta a forma como vivemos de diversas maneiras, esses fenômenos de natureza biológica, física, química, bioquímica, entre outros estão sendo amplamente estudados.

Força gravitacional é a atração entre duas massas, mais evidente quando uma das massas é muito grande (como a Terra). A aceleração de um objeto em direção ao solo é causada apenas pela gravidade, perto da superfície da terra, é chamada de “gravidade normal”, ou 1g (NASA, 2015). Essa aceleração é igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

Muitas pessoas se enganam ao pensar que não existe peso no espaço. Entretanto, altitudes usuais de voos espaciais variam aproximadamente entre 193 a 580 km da superfície da Terra. O campo gravitacional ainda é bastante forte nestas regiões, sendo que esta é aproximadamente apenas 1,8 por cento da distância até a Lua. O campo gravitacional da Terra a aproximadamente 400km superfície da Terra é 88,8 por cento da força na superfície. Portanto, naves espaciais, como ônibus espaciais ou a estação espacial são mantidos em órbita ao redor da Terra pela gravidade (NASA, 2009).

Se você deixar cair uma maçã na Terra, ela cairá à 1g. Se um astronauta na estação espacial deixar uma maçã cair, ela também cairá. Ela só não parece estar caindo. Isso porque todos estão caindo juntos: a maçã, o astronauta e a estação espacial. Mas eles não estão caindo em direção à Terra, eles estão caindo ao redor dela. Porque todos eles estão caindo ao mesmo tempo, objetos dentro da estação aparentam estar flutuando em um estado que chamamos de “gravidade zero” (0g), ou mais precisamente microgravidade ($1 \times 10^{-6} \text{ g}$) (NASA, 2009).

Microgravidade é a condição em que pessoas ou objetos aparentam não ter peso. O efeito da microgravidade pode ser visto quando astronautas ou objetos flutuam no espaço. “Micro” significa “muito pequeno”, sendo assim, microgravidade se refere a condições em que a gravidade parece ser muito pequena. Em ambientes com microgravidade, astronautas podem flutuar em sua nave espacial – ou fora, em sua caminhada espacial. Podem mover objetos pesados com facilidade. Por exemplo, os astronautas podem mover o equipamento pesando centenas de quilos com a ponta dos dedos. Microgravidade algumas vezes é chamada de “gravidade zero”, porém isso é errado.

Ambientes com microgravidade afetam o corpo humano de diversas maneiras. Por exemplo, os músculos e os ossos podem tornar-se mais fracos sem gravidade exercer tanto peso sobre eles. O fogo queima de forma diferente, as chamas são mais redondas, pois quase não há gravidade. Cristais crescem melhor. Sem gravidade, suas formas são mais perfeitas (NASA, 2012).

Vários tipos de experimentos podem simular efeitos de microgravidade como, por exemplo, ambientes em satélites orbitando em torno da Terra, aeronaves laboratório preparadas para tal finalidade, estudos na estação espacial, equipamentos de queda livre etc.

Outro tipo de equipamento também pode simular situações de microgravidade em Terra, o experimento pode ser realizado com um aparelho chamado clinostat que por intermédio da movimentação constante da posição angular da amostra altera a ação da força gravitacional sobre ela. Outro termo amplamente utilizado pela literatura para este tipo de equipamento é RCSS (Rotary Cell Culture System) ou também *bioreactors*.

O termo *bioreactor* é comumente utilizado para equipamentos que realizam experimentos com culturas de células, fármacos, compostos orgânicos e inorgânicos e comercialmente o termo mais utilizado para esse tipo de dispositivo é RCCS.

Atualmente uma das aplicações mais interessantes do efeito da microgravidade trata-se de pesquisas sobre diversos fármacos, incluindo-se medicamentos desenvolvidos com nanopartículas (magnéticas ou não), para uso, por exemplo, no tratamento de diversos tipos de câncer (ALEXIOU et. al, 2011; LYER et. al, 2011; RAHN et. al, 2011; ARIAS, REDDY, 2008; JURGONS et. al, 2006).

Em relação ao Mal de Alzheimer, patologias no fígado, alterações na densidade óssea e em alguns tipos de câncer, a NASA (NASA's Johnson Space Center, Houston, e também a University of Kuopio, na Finlândia) conjuntamente com o laboratório norte-americano *Nanobac Pharmaceuticals*, através de estudos em ambientes de microgravidade, estudam uma nanobactéria que provoca certos tipos específicos de nanocalcificações, responsáveis por alterações estruturais e morfológicas celulares (NASA, 2006).

Mas o que outro estudo paralelo revelou foi que a ação da microgravidade afeta o mecanismo de formação de nanopartículas responsáveis pelas proteínas amiloides (oligômeros), responsáveis pela doença de Alzheimer. A partir disto, a pesquisa, também com participação da NASA, conjuntamente com o *Florida Institute of Technology*, resultou no desenvolvimento de um protocolo bioquímico denominado “*NanoRacks-SABOL*”, que objetiva sintetizar compostos que bloqueiem a ação das proteínas amiloides causadores do Alzheimer (NASA, 2014), a partir de experimentos realizados com equipamentos do tipo ‘clinostat’, em ambiente de microgravidade.

A metodologia de uso de compostos manométricos para o tratamento da doença de Alzheimer tem se mostrado promissora no desenvolvimento de fármacos com diversas possibilidades terapêuticas.

A utilização de um aparelho como o clinostat pode trazer diversos benefícios para a colaboração e produção científica e tecnológica transdisciplinar, já que possibilita a integração de várias áreas do conhecimento.

Material e método

Materiais

O projeto é constituído por dois módulos de hardware individuais interligados por uma central e terminais controle.

Os módulos são o Clinostat Tridimensional e estufa, ambos podem ser controlados individualmente por meio dos terminais de controle e/ou do software supervisor.

A central de controle e os módulos contam com microcontroladores Atmel328 que realizam a execução do sistema embarcado destinado à cada módulo. Os terminais de controle possuem apenas displays de LCD com comunicação I2C e botões de controle conectados aos seus respectivos módulos de controle.

A estufa é equipada com pastilhas de *peltier* para controle de temperatura; umidificador passivo para controle de umidade; LEDs infravermelho, ultravioleta, *full spectrum*, RGB e branco quente para controle de iluminação; ventiladores e exaustores para controle de gases. Os sistemas citados são controlados pelos respectivos sensores: DHT22 (sensor de temperatura e umidade); LDRs (fotoressistores); Mq2 e Mq7 (sensores de gases).

O Clinostat Tridimensional possui três eixos de rotação com controle de velocidade individual e é capaz de aferir se o experimento se encontra realmente em situações de microgravidade. A rotação dos eixos é feita por motores DC Akiyama de 12V e 3RPM; o controle de rotação dos eixos é realizado por meio de *encoder* ópticos de 30 passos; a força gravitacional resultante é mensuração por um acelerômetro e giroscópio de três eixos MPU 6050.

Métodos

O desenvolvimento do software supervisor de controle e simulação intitulado Clinostat 3D Center foi realizado em linguagem VB.NET e C# por meio do ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Microsoft Visual Studio Community 2015.

Os softwares embarcados de cada módulo do projeto e da central de controle foram desenvolvidos em linguagem C/C++ para Arduino por meio dos softwares *Microsoft Visual Studio Community 2015* versão 14.0.25431.01 Update 3, desenvolvido por *Microsoft Corporation*; *Arduino 1.8.2* desenvolvida por *Arduino*; e *Arduino IDE for Microsoft Visual Studio*, desenvolvido por *Visual Micro Limited*.

O projeto, prototipação e simulação dos módulos eletrônicos em conjunto com os softwares embarcados e com o software supervisor foi realizado por intermédio dos softwares *Proteus 8.5 SP0 (Build 22067)*, desenvolvido pela *Labcenter Electronics*; e *Virtual Serial Ports Emulator 0.938.4.846*, desenvolvido pela *Eterlogic*.

O desenvolvimento, simulação e testes dos softwares e prototipagem eletrônica contidos neste projeto foram realizados em um notebook Dell Inspiron 7559 com processador Intel® Core™ i7-6700HQ, processador gráfico nVidia® 960M, 16GB de memória RAM com Microsoft Windows 10 Home 64-bit versão 1703 e em máquinas virtuais com diferentes configurações de hardware e sistema operacional *Microsoft Windows 7 e Windows 8.1*.

Os módulos constituintes do projeto podem ser configurados, controlados e monitorados individualmente ou em conjunto através do software supervisor e de simulação Clinostat 3D Center.

O software Clinostat 3D Center, desenvolvido neste projeto, é constituído de duas partes: módulo de simulação, no qual é possível simular a realização de um experimento na estufa e no Clinostat Tridimensional, a simulação contém gráficos que demonstram as variáveis físicas envolvidas no projeto como força gravitacional, centrípeta e centrífuga resultantes na amostra no decorrer do tempo e tempo de estabilização de temperatura e umidade no experimento; módulo de experimento, que possibilita a configuração, monitoramento e controle de experimentos no Clinostat Tridimensional e na estufa.

O módulo de experimento do software Clinostat 3D Center engloba todas as variáveis envolvidas no processo de simulação de ambiente controlado de microgravidade, sendo estas: força gravitacional resultante nas amostras, rotação dos eixos do Clinostat Tridimensional, duração do experimento, temperatura, umidade e nível de gases e iluminação do ambiente. Sendo possível realizar o controle e monitoramento em tempo real do experimento.

Os módulos físicos e a central de controle contam com softwares embarcados específicos. O controle dos sistemas de motores, temperatura, gases, umidade e iluminação é realizado através de um método de controle processo chamado controle proporcional integrativo derivativo (PID).

O controle PID é um método de controle de processo que unifica as ações derivativas, integrativas e proporcional do sistema à ser controlado, fazendo com que o sinal de erro seja minimizado pela ação proporcional.

A comunicação e integração dos módulos é realizada baseada no protocolo de comunicação desenvolvido no decorrer do projeto, permitindo o tráfego de dados com eficiência, praticidade e segurança. Sem atrasos, truncamentos ou perda de dados na transferência de informação entre os módulos e o software supervisor.

O protocolo de comunicação desenvolvido trabalha com quatro tipos de pacotes de dados com tamanho máximo de 261 bytes. Destes 261 bytes, cinco bytes são usados para controle de transmissão e verificação de integridade dos dados recebidos e enviados. Os 256 bytes restantes são destinados à transferência de dados. Abaixo observa-se o cabeçalho do pacote de dados:

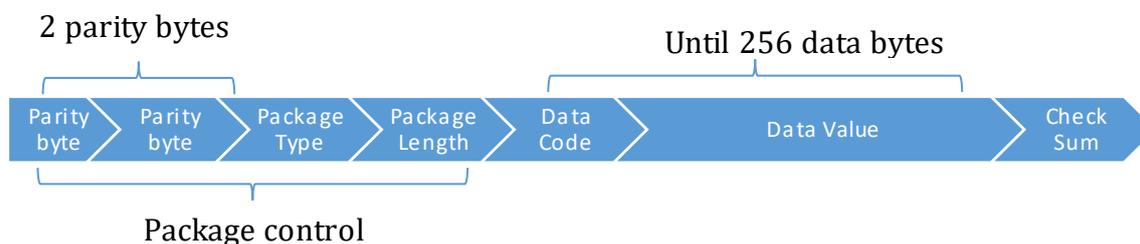


Figura 1: Protocolo de comunicação. Fonte: autores.

O pacote conta com dois bytes de paridade, um byte contendo o tamanho do pacote, um byte para indicar o tipo do pacote, 256 bytes para dados e um byte para verificação de integridade, que são descritos da seguinte forma:

- Bytes de paridade: O protocolo utiliza dois bytes de paridade para indicar o início do pacote de dados;
- Comprimento do pacote: O pacote contém um byte para indicar qual é o tamanho dos dados que o pacote contém, o valor máximo é 255 (0xFF);
- Tipo do pacote: O protocolo de comunicação possui dois tipos de pacotes de dados, para transferência de dados distintos. Os pacotes acompanham um byte de indicação do tipo do pacote;
- Bytes de dados: Um pacote de dados pode conter até 243 bytes de dados, sendo que todo dado transferido é acompanhado de um byte de código que indica qual é o tipo de dados e o tamanho do dado que o pacote está transferindo;
- *Check sum*: O protocolo de comunicação possui um byte de verificação de integridade de dados. A verificação é feita através de soma de verificação (*check sum*). Todos os bytes enviados no pacote são somados e a soma é verificada quando o pacote é recebido. Caso a soma seja diferente o pacote é descartado.

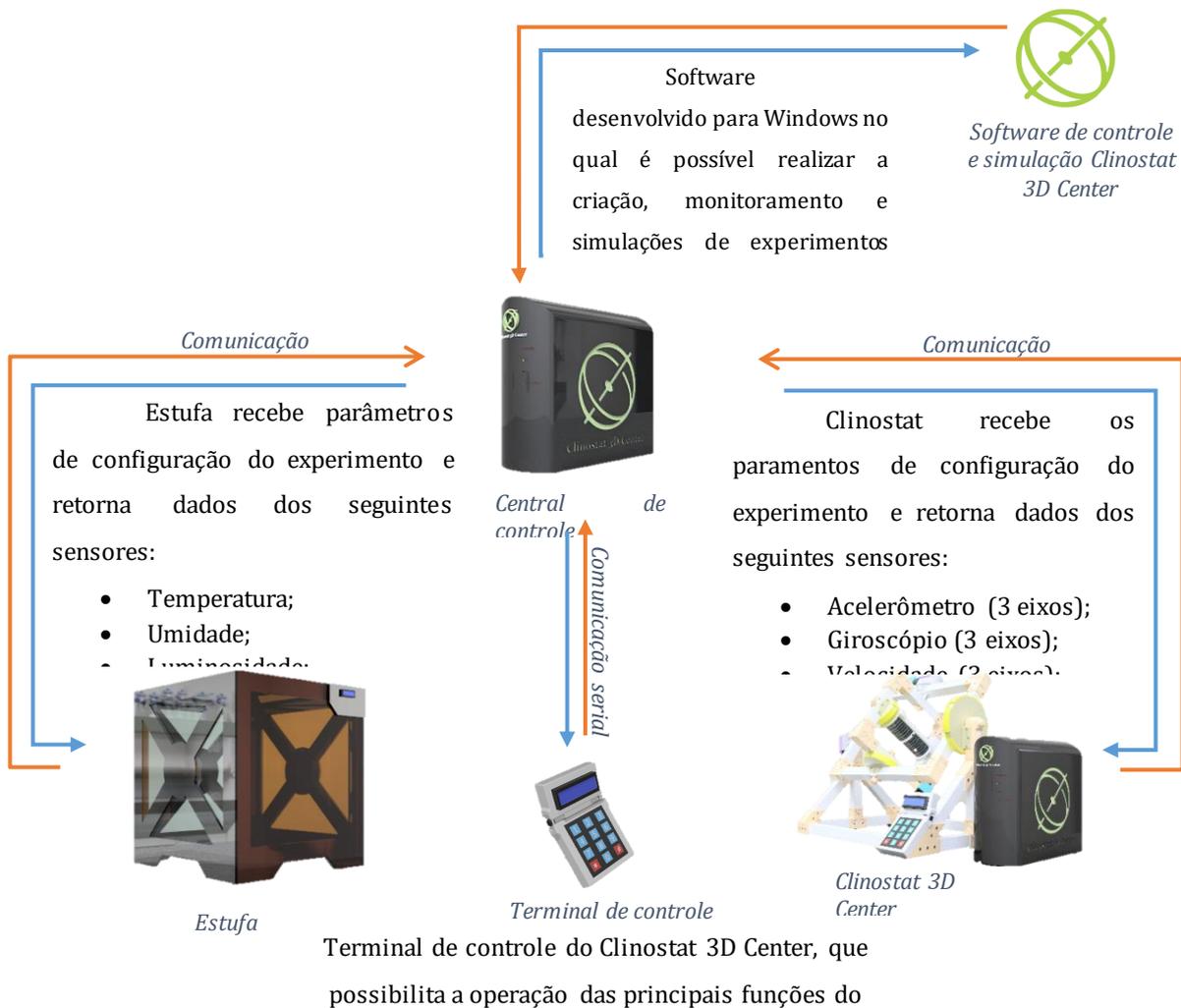


Figura 1: Diagrama que apresenta um overview do funcionamento do sistema. Fonte: autores.

Resultados e discussão

Análise de sistema - Software supervisorio Clinostat 3D Center

O software Clinostat 3D Center foi projetado em dois módulos distintos unificados por uma interface. O primeiro módulo trata da simulação dos possíveis experimentos que podem ser realizados nos aparelhos desenvolvidos; e o segundo módulo conduz o usuário a criação, configuração, monitoramento e controle de experimentos nos aparelhos.

A modelagem de diagrama de casos de uso foi dividida em três partes. A primeira explora os casos de uso da interface de unificação do software; a segunda demonstra os casos de uso do módulo de simulação; e a terceira trata dos casos de uso do módulo de experimento.

- Diagrama de caso de uso para interface do Clinostat 3D Center

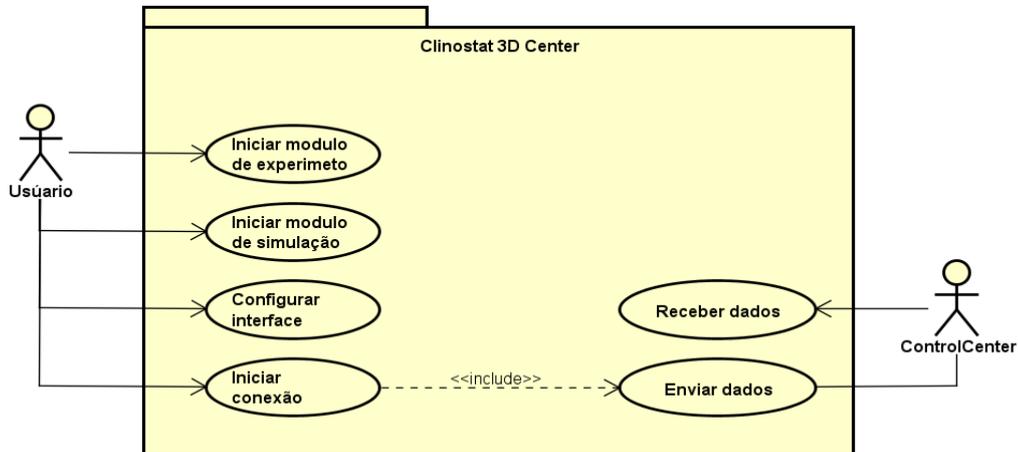


Figura 3: Diagrama de caso de uso (Interface Clinostat 3D Center). Fonte: autores.

O caso de uso apresentado acima demonstra o contato inicial do usuário com o sistema, na qual usuário tem acesso as funcionalidades do sistema. A interface permite que o usuário acesse o modulo de simulação e o modulo de experimento, configurar parâmetros da interface e dos módulos e iniciar a conexão com os equipamentos.

- Diagrama de caso de uso para modulo de simulação do Clinostat 3D Center

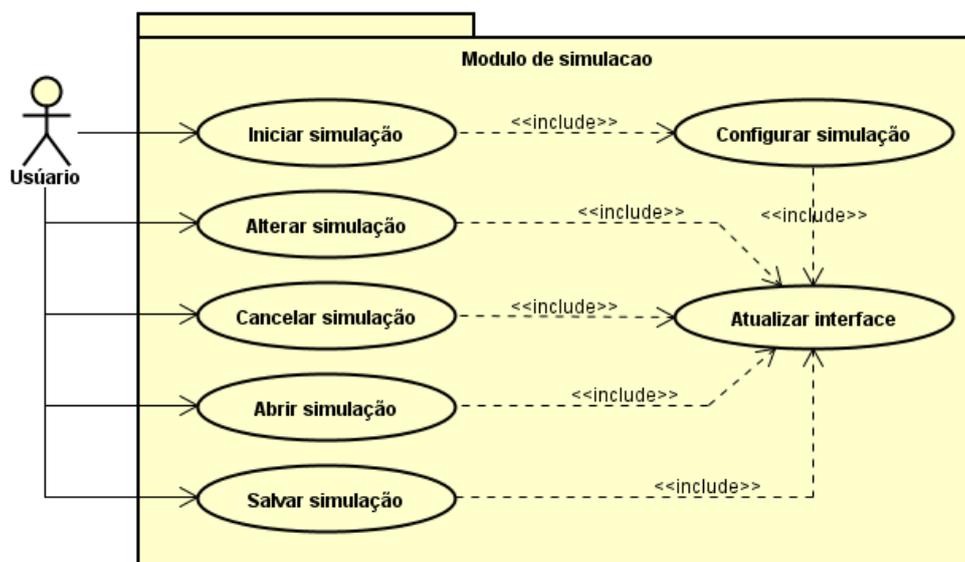


Figura 4: Diagrama de caso de uso (Modulo simulação Clinostat 3D Center). Fonte: autores.

O caso de uso do modulo de simulação descreve a interação do usuário com o respectivo modulo. O usuário pode controlar a simulação através das opções iniciar, alterar e cancelar. Caso o usuário esteja iniciando uma nova simulação ele deverá configurar a simulação para dar início à mesma.

- Diagrama de caso de uso para modulo de experimento

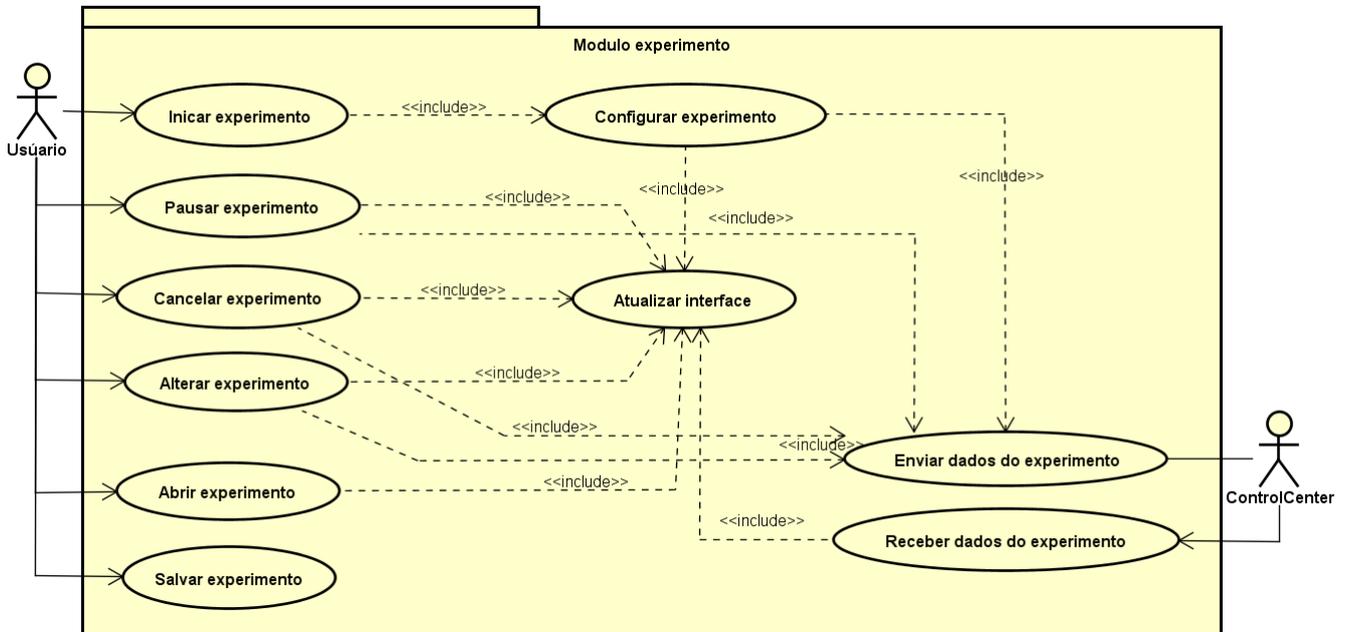


Figura 5: - Diagrama de caso de uso (Modulo simulação Clinostat 3D Center). Fonte: autores.

O caso de uso do modulo de experimento descreve a interação do usuário com o respectivo modulo. O usuário pode controlar o experimento através das opções iniciar, alterar e cancelar. Caso o usuário esteja iniciando um novo experimento ele deverá definir os parâmetros de configuração para dar início ao experimento. Os dados de configurações são enviados para o dispositivo *Control Center* que retorna dados do experimento em andamento.

- *Layout* do software Clinostat 3D Center

A criação do layout do sistema teve o foco voltado para o desenvolvimento de uma interface com visual minimalista e intuitivo, com utilização de componentes gráficos que facilitam a compreensão dos dados exibidos para o usuário.

- Tela de inicialização

A tela de inicialização do software carrega os componentes necessários do software e verifica a possível existência de atualizações.

- Tela inicial

Exibe um menu fixo em todas as telas da aplicação para auxiliar a navegação durante o uso; área de projeto recentes, que mostra os últimos projetos abertos pelo *software*; e área com um resumo e novidades do projeto.

- Tela Novos Projetos



Figura 6: - Screenshot da tela novos projetos. Fonte: autores.

seguidos de uma breve descrição dos tipos de projeto. Os tipos de projetos existentes levam o usuário aos módulos do *software* Clinostat 3D Center.

O primeiro tipo trata de projetos de simulação e encaminha o usuário para o módulo de simulação, na qual o usuário será encaminhado para uma tela de configuração da simulação. O segundo tipo de projeto atende à projetos de experimentos, por meio desse projeto o usuário poderá configurar, monitorar e controlar os experimentos realizados. Essa opção de projeto redireciona o usuário para tela de configuração do experimento.

- Tela de configuração da simulação

Formulário de configurações da simulação que são definidas pelo o usuário. Nesse formulário o usuário define o nome, quantidade e tipo de suporte das amostras; força gravitacional mínima e máxima na qual o clinostat deve simular; temperatura, umidade e quantidade de gases inflamáveis e monóxido de carbono do ambiente controlado.

A simulação calcula se clinostat será capaz de gerar o ambiente de microgravidade desejado para a amostra e a eficiência estimada do possível experimento.

- Tela de configuração de experimento

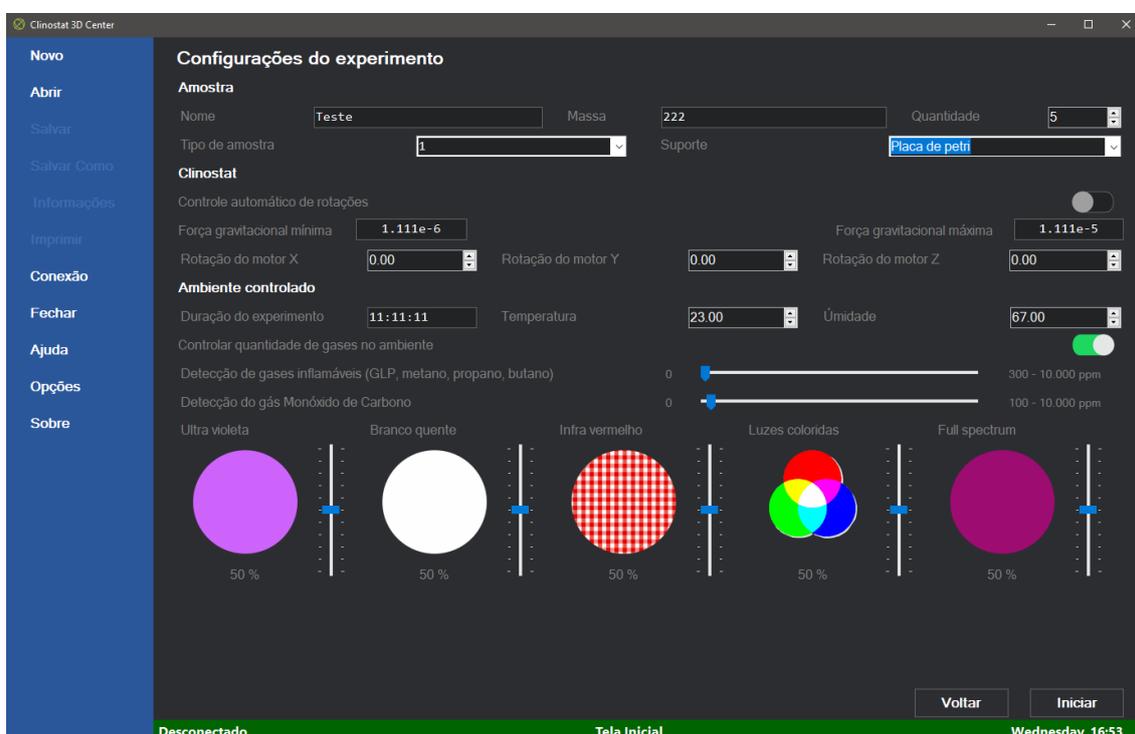


Figura 7: - Screenshot da tela configuração de experimento. Fonte: O Autor

pele usuário. O usuário deverá definir dados da amostra, clinostat e ambiente controlado antes do início do experimento. Os dados informados são enviados para o dispositivo e o experimento é iniciado.

- Tela de monitoramento do experimento



Figura 8: - *Screenshot* da tela monitoramento do experimento. Fonte: autores controle do experimento. Possui oito abas gráficas de informações do experimento. Cada aba exibe informações de uma variável do experimento, as quais são: aceleração gravitacional dos eixos, rotação dos motores, força gravitacional resultante na amostra, angulação dos eixos, eficiência do experimento, temperatura, umidade e incidência de gases no ambiente.

- Tela de resultados da simulação

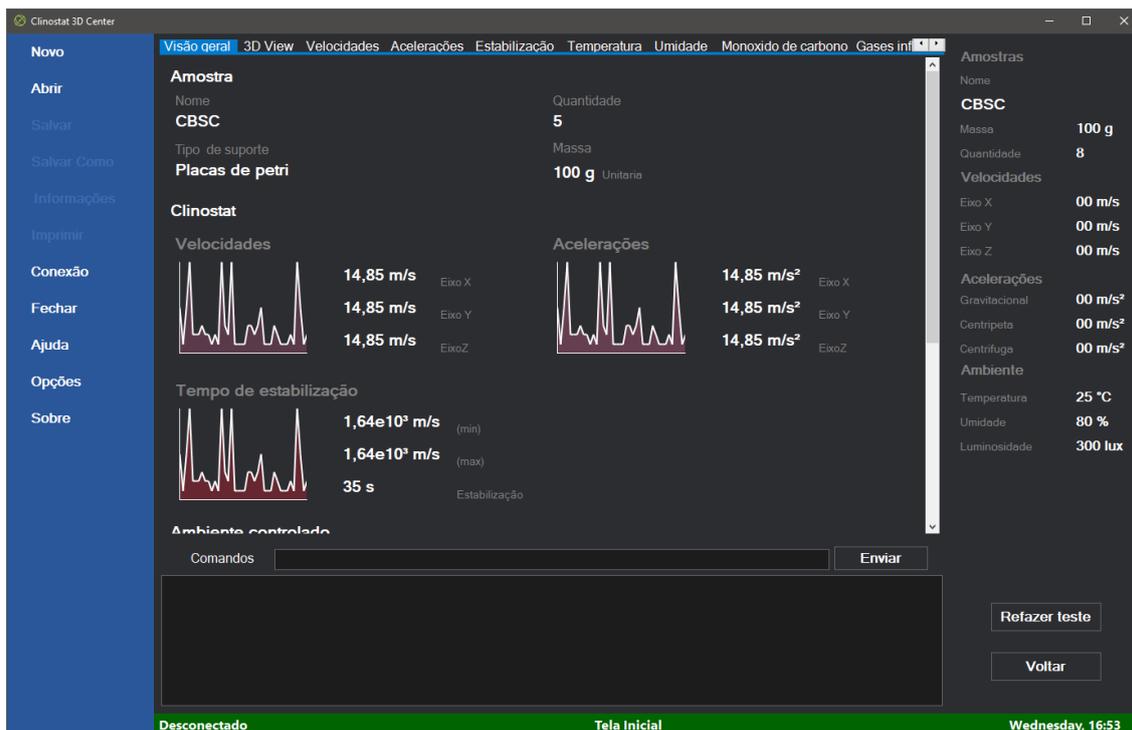


Figura 9: - Screenshot da tela de resultados da simulação. Fonte: autores.

Após a realização da simulação o usuário é encaminhado para a tela de resultados do experimento, que exibe os dados gerados pela simulação. A tela segue o mesmo padrão de gráfico e visualização que a tela de visualização do experimento, tornando a experiência mais simples e intuitiva. A tela contém onze abas, a primeira exibe um resumo do experimento com os principais dados gerados pela simulação e as outras abas tratam de cada característica do experimento detalhadamente.

- Tela de conexão

Tela de conexão do software com os equipamentos. A tela possui campos para seleção da porta e velocidade do equipamento e também contêiner para debug e testes do equipamento.

- Tela de opções da interface

Tela na qual o usuário configura os parâmetros básicos da interface e dos módulos de utilização. O usuário pode definir a linguagem e tema do programa. Local padrão de criação de projetos e cache, tempo de parametrização dos dados do equipamento entre outras.

Análise de sistema - Software embarcado Clinostat Tridimensional

O software embarcado Clinostat Tridimensional foi projetado para realizar o controle e comunicação do dispositivo com a central de controle e o software supervisor Clinostat 3D Center. A seguir é apresentado o diagrama de casos de uso que representa a interação da central de controle (*Control Center*) com o Clinostat Tridimensional.

- Diagrama de caso de uso para interface do Clinostat 3D Center

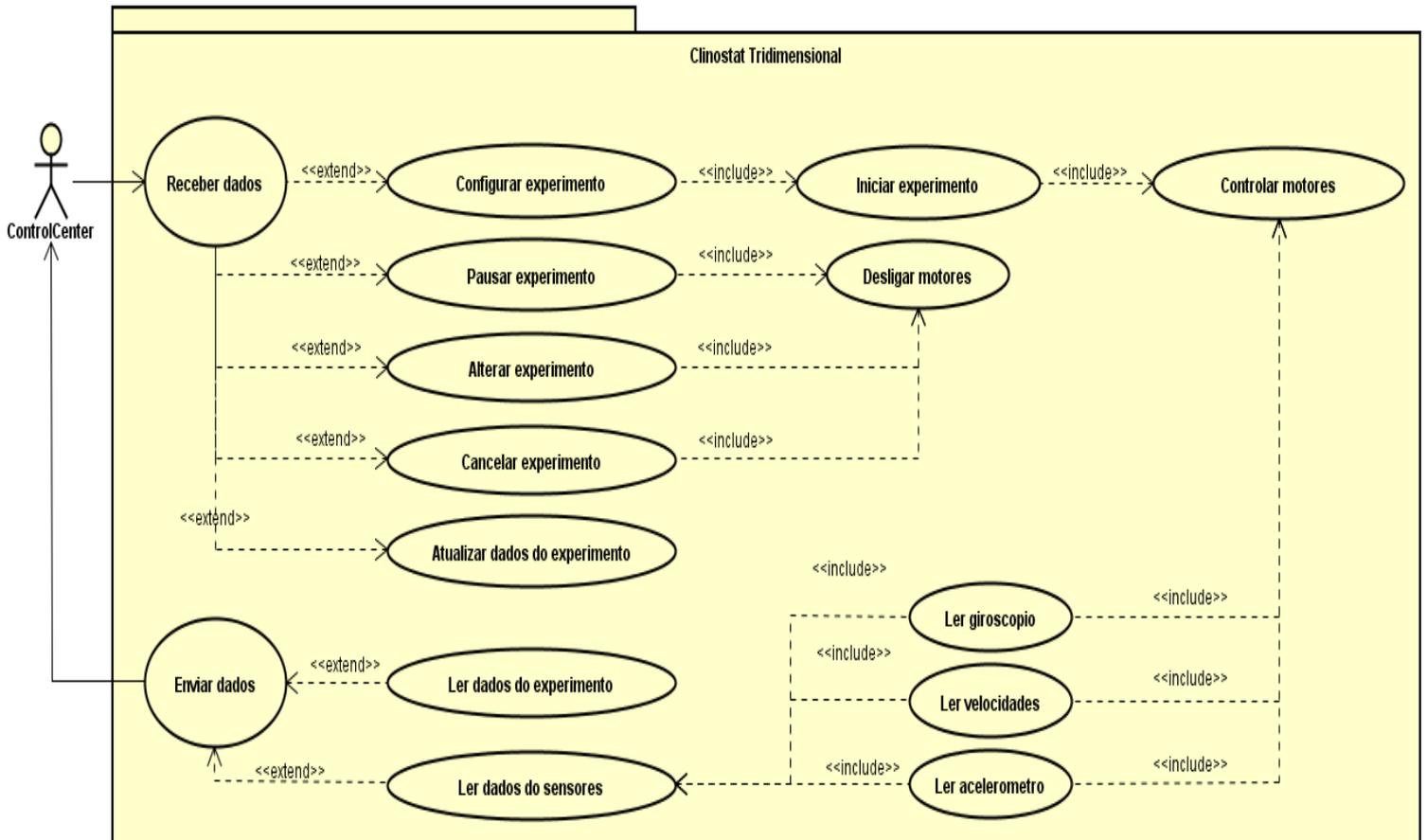


Figura 10: - Screenshot da tela de resultados da simulação. Fonte: autores.

O caso de uso acima demonstra as opções de controle disponíveis para ser manipuladas através da central de controle, bem como as ações que esses controles geram. Representa também o envio de dados do Clinostat Tridimensional para a central de controle.

Análise de sistema - Software embarcado Control Center

O projeto do software embarcado *Control Center* foi desenvolvido para que o dispositivo trabalhe como uma interface entre o software supervisor Clinostat 3D Center e os outros dois dispositivos integrantes do desenvolvimento do projeto.

- Diagrama de caso de uso para interface do Clinostat 3D Center

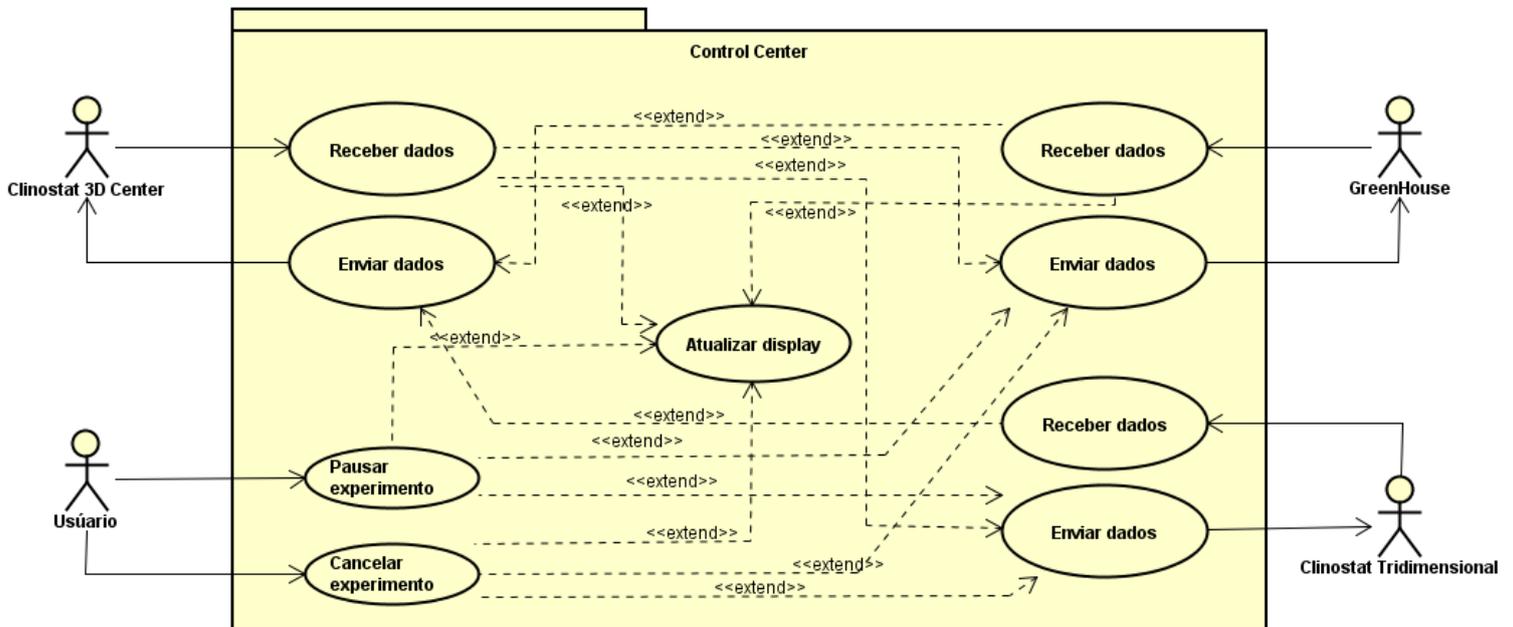


Figura 10: - Screenshot da tela de resultados da simulação. Fonte: autores.

Os casos de uso acima representado ilustram como é realizada a interface entre os dispositivos e o software supervisor.

Análise de sistema - Software embarcado Green House

O software embarcado *Green House* foi projetado para realizar o controle e comunicação do dispositivo com a central de controle e o software supervisor Clinostat 3D Center. O diagrama de caso de uso é apresentado logo abaixo representando a interação da central de controle (*Control Center*) com o Clinostat Tridimensional.

- Diagrama de caso de uso para interface do Clinostat 3D Center

O caso de uso acima demonstra as opções de controle disponíveis para ser em manipuladas através da central de controle, bem como as ações que esses controles geram. Representa também o envio de dados para a central de controle.

Conclusão

Os objetivos gerais almejados no desenvolvimento do projeto foram alcançados. Todos os softwares desenvolvidos estão em fase beta, os requisitos determinados no escopo do projeto foram implementados e a versão final dos softwares estão em teste.

Com layout simples, prático e intuitivo o software Clinostat 3D Center apresenta dados de forma clara e rápida, por conta da padronização de formulários, layout minimalista e utilização de diversos gráficos que facilitam a compreensão do usuário. O protocolo de dados desenvolvido garante a integridade dos dados trafegados entre os elementos constituintes do projeto com agilidade e eficiência.

A comunicação e o controle dos dispositivos sob encargo dos softwares embarcados funcionam satisfatoriamente, seguindo as diretrizes definidas no escopo do projeto

Desenvolveu-se também um dispositivo de testes que atende as características necessárias para os testes das versões finais dos softwares desenvolvidos neste projeto em detrimento de problemas mecânicos encontrados no protótipo Clinostat Tridimensional, o que aumentou o tempo de desenvolvimento do protótipo final do dispositivo.

Referências

ALEXIOU CH., TIETZE R., SCHREIBER E., JURGONS R., RICHTER H., TRAHMS L., RAHN H., ODENBACH S., LYER S. Cancer therapy with drug loaded magnetic nanoparticles—magnetic drug targeting, **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, 323, 1404–1407. 2011.

BOMFIM, T.R. J. de S. **Oligômeros do peptídeo A β inibem a sinalização por insulina em neurônios hipocâmpais: Implicações terapêuticas para a doença de Alzheimer**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Química Biológica do Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (Química Biológica). Rio de Janeiro. 2010.

J.L. ARIAS, L.H. REDDY, AND P. COUVREUR. Magnetoresponse Squalenoyl Gemcitabine Composite Nanoparticles for Cancer Active Targeting, *Langmuir*, vol. 24, 2008, pp. 7512-7519.

FERNANDA G. DE FELICE, MARCELO N. N. VIEIRA, LEONARDO M. SARAIVA, J. DANIEL FIGUEROA-VILLAR, JOSÉ GARCIA-ABREU, ROY LIU, LEI CHANG, WILLIAN L. KLEIN; SÉRGIO T. FERREIRA. Targeting the neurotoxic species in Alzheimer's disease: inhibitors of A β oligomerization. **The FASEB Journal**. vol. 18 no. 12 1366-1372. September. 2004.

R. JURGONS, C. SELIGER, A. HILPERT, L. TRAHMS, S. ODENBACH, C. ALEXIOU. Drug loaded magnetic nanoparticles for cancer therapy. **Journal of Physics: Condensed Matter**. 18, 38. 2006.

LYER, S., SCHREIBER, E., TIETZE, R., MANN, J., STRUFFERT, T., ENGELHORN, T., RAHN, H., GITTER, K., WIEKHORST, F., STEINHOFF, U., TRAHMS, L., ODENBACH, S., DROFLER, A., OSTERMEIER, M., BRITZEN, A., SCHMIDT, W., HELLINGER, R., ALEXIOU, C. (2011), Nanotechnology and cancer treatment: magnetic nanoparticles for a new and innovative drug delivery system; **Anticancer Research**. 31 5, 1991-1992.

MELO, A.M.P. de. **Estudo do papel das membranas lipídicas no mecanismo molecular de formação de fibras amilóides**. Tese de doutorado. Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. Departamento de Química e Bioquímica. 2009.

NASA. **NanoRacks-Self-Assembly in Biology and the Origin of Life** (NanoRacks-SABOL). Samuel Durrance, Ph.D., and is maintained in a database by the ISS Program Science Office. 2014.

H. RAHN, I. GOMEZ-MORILLA, R. JURGONS, C. ALEXIOU S. ODENBACH. Microcomputed tomography analysis of ferrofluids used for cancer treatment. **Journal of Physics: Condensed Matter**. 20, 20, 204152. 2008.

WEI, L.; LIU, C.; KANG, L.; LIU, Y.; SHI, S.; WU, Q.; LI, Y. Experimental Study on Effect of Simulated Microgravity on Structural Chromosome Instability of Human Peripheral Blood Lymphocytes. **PLOS ONE**, June 2014, Volume 9. Issue 6.

NASA. **What is Microgravity?** 13 de fevereiro de 2009 <<http://www.nasa.gov/centers/glenn/shuttlestation/station/microgex.html>>. Acesso em 18 de abril de 2016

NASA. **What is Microgravity?** 15 de fevereiro de 2012 <<http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-microgravity-58.html>>. Acesso em 05 de abril de 2016

NASA. **What is Microgravity?** 8 de março de 2012 <<http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-microgravity-58.html>>. Acesso em 01 de fevereiro de 2016.

Autenticação de usuários com dinâmica de digitação

User Authentication through keystrokes dynamics

Bruno Henrique Panassi¹
José Carlos Saliba Moimaz²
Giovani Gomes Martins³
James Clauton da Silva⁴
Sergio Luiz Tonsig⁵

RESUMO

Na maioria dos sistemas da atualidade, os usuários são autenticados por meio dos parâmetros de entrada “usuário” e “senha”, algumas vezes, insuficientes para barrar o acesso de pessoas não autorizadas, que roubam ou burlam essa autenticação. No intuito de aprimorar a segurança dos sistemas de informação, há uma necessidade de garantir que a pessoa autenticada é quem ela diz ser. Este trabalho propõe implementar um sistema de autenticação de usuários, verificando o padrão de digitação da senha por meio da aprendizagem de máquina, com o uso de Redes Neurais Artificiais.

Palavras-Chave: redes neurais artificiais, inteligência artificial, dinâmica de digitação.

ABSTRACT

In most systems, nowadays, users are authenticated using “login” and “password” parameters, sometimes, insufficient to prevent the access of non-authorized users, that steals or fraud it. In order to upgrade the security of information systems, there is a need to ensure that the authenticated person it’s who the person says he is. This paper proposes to upgrade a user authentication system, verifying the password digitation pattern through machine learning, using Artificial Neural Networks.

Key-words: artificial neural networks, artificial intelligence, typing dynamics.

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

² Acadêmico de Engenharia da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP

³ Acadêmico de Engenharia da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Mestre, Professor de Engenharia da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁵ Mestre, Professor de Engenharia Da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Introdução

Há sempre a necessidade de melhorias na segurança dos sistemas de computadores, buscando sempre permitir que os usuários possam ter acesso aos seus dados de uma forma segura, e, ao mesmo tempo, com um custo acessível, uma vez balanceados esses dois parâmetros, mais aceita é a solução.

Há três categorias de autenticações referentes à segurança do usuário, “O que se sabe”, “O que se tem”, e “O que se é”, onde o sistema de autenticação conhecido por “O que se sabe”, é baseado em algo que somente o usuário saiba, como “login” e “senha”, porém tais informações podem ser descobertas ou roubadas, sendo uma autenticação de nível barato, mas não tão seguro. Na autenticação “O que se tem”, o usuário possui algum dispositivo para ser autenticado, como um *token*, PIN ou smart card, onde somente o usuário possua esse dispositivo, no entanto, tal dispositivo pode ser esquecido ou roubado. E por último temos a autenticação “O que se é” conhecida como Autenticação Biométrica, sendo de alto custo em alguns casos, pois é usada alguma característica do usuário como autenticação, algo que o usuário é.

A Autenticação Biométrica se divide em duas categorias, em relação as características do usuário, a característica física e a comportamental. Na Biometria Física é considerada como estática, pois é uma característica que o usuário nunca vai deixar de ter, somente se o usuário sofrer um acidente alterando a característica, como por exemplo o reconhecimento da íris e da digital, que para acontecer tais autenticações, é necessário um hardware específico, dando assim o alto custo desse processo. A Biometria Comportamental é considerada não-estática, pois é uma característica que dependendo do estado do usuário, pode haver mudanças, como o reconhecimento da fala, assinatura e dinâmica da digitação, sendo alguns desses exemplos tendo o mesmo custo que de uma biometria física (FIORESE, M, 2000).

O tipo de autenticação que será estudada nesse trabalho é a de dinâmica de digitação, sendo uma característica comportamental do usuário, porém o custo se difere das outras autenticações apresentadas. Para a realização desse tipo de autenticação, é necessário somente um teclado, sendo a ferramenta responsável por pegar os dados da digitação do usuário e para o funcionamento da técnica, será implementada uma Rede Neural Artificial, sendo o melhor método para a classificação e reconhecimento de padrões, por possuir não linearidade para resolver complexos casos de classificação (ORRÚ, T).

1. Apresentação dos dados à Rede Neural

Os tipos de dados apresentados à rede, são vetores de tempos em milésimos de segundos, dependendo da escolha de caracteres da senha, onde a mesma pode possuir 6 a 10 caracteres. O vetor de tempos é composto por tempos de pressionamento das teclas e intervalo entre elas, sendo assim, o vetor pode possuir de 11 até 19 valores. Por exemplo no gráfico abaixo, encontra-se um exemplo com uma senha composta pelos caracteres "SENHA", mostrando o pressionamento de cada caractere e o intervalo entre eles de acordo com o tempo.

O pressionamento de uma tecla é feito com o intervalo entre o tempo que o usuário pressionou uma tecla, até a soltura dela, e o intervalo de teclas, é feito do tempo da soltura de uma tecla até o tempo de pressionamento da próxima tecla. Caso um caractere seja pressionado enquanto outro caractere ainda está sendo pressionado, o intervalo entre eles será o tempo de pressionamento do segundo caractere com a soltura do primeiro caractere, este exemplo pode ser visto com os caracteres "E" e "N".

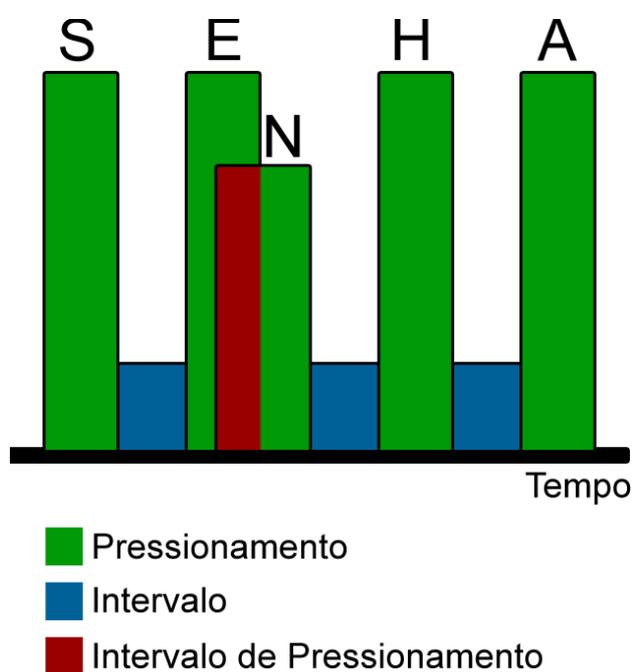


Figura 1: Gráfico de Pressionamento de Teclas. Fonte: autores.

O mínimo de valores que a rede pode receber é de 110 valores e o máximo de valores é de 190 valores, devido ao vetor de tempos que a quantidade de caracteres que a senha pode ter com uma repetição de 10 vezes no treinamento.

2. Redes Neurais Artificiais

Uma Rede Neural Artificial é um sistema de processamento paralelamente distribuído, possui um mapeamento de entrada e saída, capaz de calcular funções não-lineares e armazenar conhecimento experimental. Tem o seu formato baseado no funcionamento de uma Rede Neural Biológica, se inspirando no funcionamento do cérebro humano (BRAGA, A. de P.; de CARVALHO, A. P. de L. F. & LUDERMIR, T. B, 2000).

Em muitas áreas onde a computação convencional não se torna muito útil, é usada a aplicação de uma rede neural. Uma rede neural pode ser usada para diversos problemas, tais como exemplos, reconhecimento de imagens, identificação e sinais de radar, reconhecimento de fala, mercado financeiro, etc. (CARDON, A.; MÜLLER, D. N, 1994).

2.1. Aprendizado

O conhecimento de uma rede neural pode ser adquirido de duas maneiras: supervisionado e não supervisionado. Na primeira, obtêm-se um conhecimento dos dados a serem fornecidos, informando à rede uma saída desejada, sendo como um padrão onde os dados devem chegar. Esta saída é comparada com a saída calculada pela rede após cada iteração, ajustando os pesos e os *bias*, encontrando assim, uma ligação próxima da entrada com a saída.

Já a segunda, não há um supervisor, sendo assim, não há uma saída desejada, pois não se tem o conhecimento dos padrões a serem fornecidos. A rede se reajusta estritamente com os dados de entrada, sendo eles uma vez redundantes, ou seja, não há uma referência sobre qual saída deve ser calculada, a rede aprende com a familiaridade entre os dados, podendo assim formular padrões (BRAGA, CARVALHO, LUDERMIR, 2000) (HAYKIN, 1999).

Com base nesses conhecimentos, é possível concluir que a aprendizagem não supervisionada, é adequada para formular padrões onde não se tem um parâmetro fornecido para a rede aprender, a rede aprende com as características dos dados fornecidos. Na dinâmica de digitação, não é possível, prever uma saída desejada para cada usuário, pois não há o conhecimento prévio do padrão de cada um, é necessário gerar conhecimento somente com as entradas que o usuário irá fornecer.

2.2. Aprendizagem Hebbiana e Aprendizagem por Competição

Nos tipos de aprendizagem não-supervisionadas, encontramos a aprendizagem Hebbiana, e a aprendizagem por competição, onde na aprendizagem Hebbiana o treinamento é feito sem um supervisor para verificar a qualidade da resposta da rede, apenas tendo um mecanismo local à sinapse, mesmo que os vetores de entrada e saída sejam fornecidos à rede para o seu uso, a aprendizagem hebbiana é considerada não supervisionada, e por competição, um neurônio tem o seu peso atualizado se ele for escolhido como vencedor, pela sua ativação na saída, dado os padrões de entrada (BRAGA, CARVALHO, LUDERMIR, 2000).

Esses dois tipos de aprendizagem, são usados em redes de Auto-Organização, onde padrões que compartilham características entre si, encontrados nos dados de entrada, são agrupados, criando classes para a sua representação. Uma rede que utiliza uma aprendizagem hebbiana, tem melhor performance em extração de características, análise de dados e memória associativa. Já uma rede auto organizável que utiliza aprendizagem por competição, tem melhores resultados em problemas de classificação, extração de características, compreensão de dados, e formação de agrupamentos (BRAGA, CARVALHO, LUDERMIR, 2000), onde neste caso, terá uma melhor performance em extrair melhor as características dos dados apresentados de digitação do usuário, formando categorias de acordo com os padrões encontrados. Além de que, no modo por aprendizagem hebbiana, para o seu uso, é preciso fornecer valores de saídas para a rede (BRAGA, CARVALHO, LURDERMIR, 2000), algo que não seria apropriado para o problema.

3. Escolha da Rede Neural Artificial

Os modelos de redes encontrados do tipo auto organizáveis, que utilizam aprendizagem por competição, são os modelos de Kohonen (SOM) e o modelo ART (BRAGA, CARVALHO, LUDERMIR, 2000). Tais redes precisam de redundância nos dados de entrada, tal requisito será atendido pelo tamanho fixo da senha proposta para o treinamento da rede, onde ao invés do usuário digitar um texto livre, o tamanho de texto já está definido, sendo uma senha de seis a 10 caracteres.

3.1. SOM e ART

O modelo SOM (*Self Organizing Map*), conhecido também como Mapa Auto Organizável, possui camadas uni ou bidimensionais, onde a cada iteração um neurônio é ativado sendo selecionado como vencedor para criar um padrão, e seus neurônios vizinhos também são ativados, para assim, nas próximas iterações, agrupa-se mais dados que compartilham dessas mesmas características (BRAGA, CARVALHO, LUDERMIR, 2000).

Já a rede ART (*Adaptive Resonance Theory*) além de possuir a capacidade de auto organizar padrões, ela possui estabilidade e plasticidade, onde há a capacidade de adaptar padrões já existentes com novas características sem perder os padrões já adquiridos (BRAGA, CARVALHO, LUDERMIR, 2000).

No funcionamento da rede ART, possui um parâmetro chamado limiar de vigilância, onde determina o quão bem as categorias serão classificadas se o valor do limiar for baixo, a rede neural se tornará menos seletiva, aceitando qualquer dado como característica do padrão, e caso ela tenha um valor alto, a Rede Neural se tornará mais seletiva, sendo mais rígida nas escolhas de características (CARPENTER, GROSSBERG, 1986).

3.2. Escolha dentro da família ART

Dentre os modelos dentro da arquitetura ART, que possuem aprendizado não-supervisionado, são os modelos ART-1, que trabalha apenas com valores binários, ART-2, que trabalha com valores binários e analógicos, possuindo a mesma estrutura de uma ART-1, e a ART-Fuzzy, onde é uma melhoria da ART-1, trabalhando também com valores binários e analógicos, porém, substitui os operadores lógicos usados em ART-1 por operadores lógicos Fuzzy, tendo uma melhoria no seu processamento (SILVA, 2014). Dentre os modelos apresentados SOM e ART, o modelo que melhor se adapta ao problema apresentado, é o modelo de rede ART-Fuzzy, pelo seu dilema de estabilidade-plasticidade, podendo aprender novos padrões sem perder o aprendizado adquirido (CARPENTER, GROSSBERG, 1987), já que os dados que serão apresentados, serão de uma característica comportamental do usuário, podendo ter mudanças com o tempo (FIORESE, M, 2000).

3.3. ART-Fuzzy

A Rede ART-Fuzzy introduz operações lógicas *fuzzy* dentro de uma arquitetura da rede ART-1. A entrada de uma rede ART-Fuzzy utiliza-se da fórmula contida na equação 1 para preservar a amplitude da informação, sendo a operação de complemento:

$$\bar{a}_t^c = 1 - \bar{a}_t \quad (1)$$

Após isso o vetor de dados é levado para a escolha de categorias, tendo a ativação definida para cada neurônio j :

$$T_j = \frac{|I \wedge W_j|}{\alpha + |W_j|} \quad (2)$$

Sendo o operador lógico AND Fuzzy, (\wedge) definido por:

$$(x \wedge y)_i = \min(x_i, y_i) \quad (3)$$

Logo após é feita a busca pela categoria, dado o seguinte operador lógico Fuzzy, MAX(\vee):

$$J = \max\{T_j : j = 1, \dots, N\} \quad (4)$$

Escolhendo a categoria com maior valor e menor índice, indo agora para a verificação de ressonância, dada pela seguinte fórmula:

$$\frac{|I \wedge W_j|}{|I|} \geq \rho \quad (5)$$

Caso a equação não seja satisfatória de acordo com a equação (5), então é realizado o *reset* desta categoria, eliminando-a da próxima busca por categoria válida. Desta forma o processo se inicia voltando a equação (4) para a escolha de uma nova categoria, caso a mesma seja aceita é realizada a atualização dos pesos de acordo com a equação (6).

$$W_j^{novo} = \beta(I \wedge W_j^{velho}) + (1 - \beta)W_j^{velho} \quad (6)$$

4. Ponderação do Parâmetro de Vigilância

Após a rede estar pronta, o próximo passo seria executá-la para testes, com isso precisaríamos de um valor preciso para o ρ , inicialmente foi escolhido um valor aleatório, com testes de Taxa de Falsa Aceitação (FAR – False Acceptance Rate) e Taxa de Falsa Rejeição (FRR – False Rejection Rate) entre dois usuários, onde a FAR acontece quando um intruso é aceito, e a FRR quando um usuário legítimo é recusado, e ambas são inversamente proporcionais.

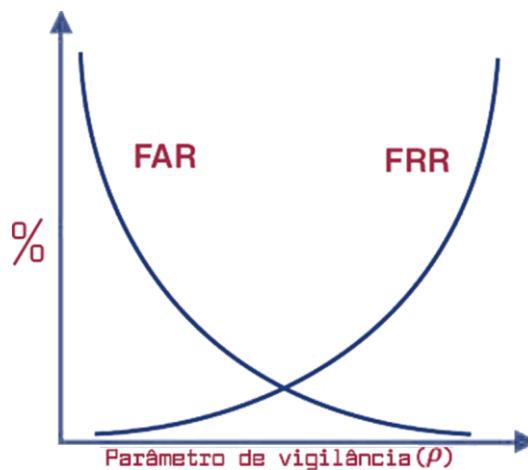


Figura 2: Gráfico de FAR e FRR. Fonte: autores.

Com esse valor do ρ dado inicialmente, a senha possuía apenas 6 caracteres e não aceitava letra maiúscula e números, apenas letras minúsculas. Os testes inicialmente eram feitos entre um número pequenos de pessoas, chegando no máximo entre 8 pessoas, apenas para cadastro e testes de ressonância e *reset*. Os testes eram satisfatórios porem em alguns casos acontecia Falsa Aceitação. Para uma ponderação melhor de ρ , um método mais preciso foi dado, com isso seria obtido um grande número de digitações de usuários, para em que uma taxa que o ρ fosse exposto de 0 a 1, encontrasse o melhor valor com a FAR e FRR.

5. Resultados

Os testes apresentados a seguir foram realizados em salas de aula, para a captura de tempos de digitação, assim com o intuito de utilizar o máximo possível de alunos e posteriormente podendo ser feito um algoritmo que irá calcular a melhor taxa de FAR/FRR com todos os tempos de digitação de todas as salas no total.

Tabela 1 – Testes em Salas de Aula.

Termo	Sala	Quantidade de Pessoas	FAR/FRR	Parâmetro de Vigilância (ρ)
10 ^a	Engenharia da Computação	15	17%	0,9739
2 ^o	Engenharia da Computação	10	6%	0,9790
6 ^o	Tecnologia em Desenvolvimento de Sistemas	18	16%	0,9700
8 ^o e 10 ^o	Educação Física	50	15%	0,9735
8 ^o	Engenharia da Computação	19	17%	0,9722

Fonte: autores.

Dentre todos os testes, o melhor valor de FAR e FRR obtido foi do 6^o termo de Tecnologia em Desenvolvimento de Sistemas, com uma taxa de 6%, porém, o próximo passo é gerar o valor de FAR/FRR com todos os tempos de digitação captados em todos os testes, assim tendo um valor exato de qual é o melhor valor de ρ .

6. Conclusão

Foi criado um algoritmo para estabelecer o melhor valor de FAR/FRR com todos os tempos de digitação solicitados em todos os testes feitos como dito anteriormente, resultando no total de 102 alunos participantes, e com todos esses tempos foi estabelecido o melhor valor de FAR/FRR e conseqüentemente o melhor valor de ρ . O gráfico dos resultados do teste pode ser visto na Figura 3:

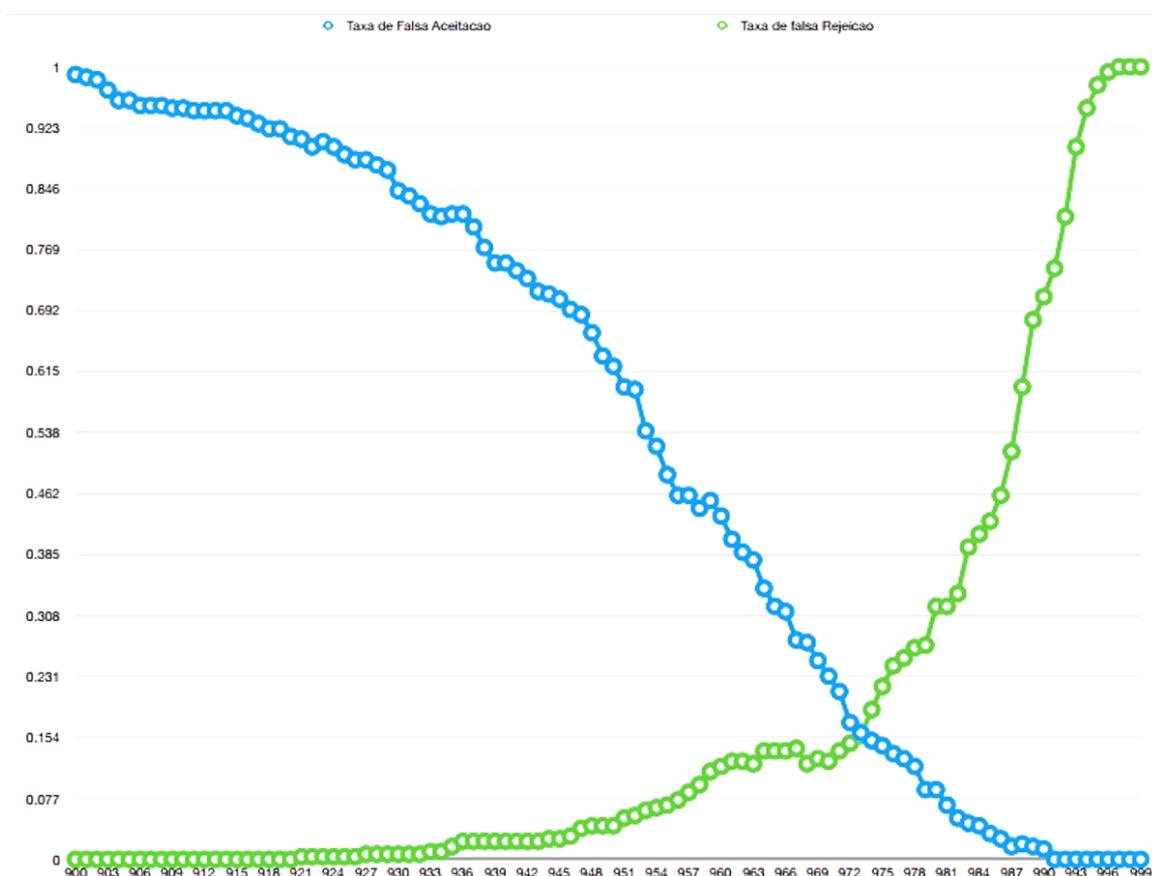


Figura 3: Gráfico Teste Geral. Fonte: autores.

Conclui-se que de acordo com o gráfico apresentado, o melhor valor de FAR/FRR para o projeto é de 15% seguido com o valor de ρ em 0,9725, baseado em todos os tempos captados de todos os testes em salas de aula, mostrando que é possível fazer uma autenticação baseada na dinâmica de digitação do usuário, com uma boa taxa de segurança.

Para futuros trabalhos é recomendado que possa trabalhar no valor de FAR/FRR para que tenha um valor menor e verificar outros métodos para extrair mais características da digitação.

Referências Bibliográficas

ASCHOFF, A; SAFETEC, **Você sabe como garantir a segurança dos arquivos da sua empresa?** Disponível em: <http://blog.safetec.com.br/cloud-computing/voce-sabe-como-garantir-a-seguranca-dos-arquivos-da-sua-empresa/> Acesso em 30 de abril em 2017.

BRAGA, A. de P.; de CARVALHO, A. P. de L. F. & LUDERMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações.** Rio de Janeiro, RJ. 2000.

CARDON, A.; MÜLLER, D. N. **Introdução às Redes Neurais Artificiais.** Universidade Federal Rio Grande do Sul – UFRGS, 1994.

CARPENTER, G, A; GROSSBERG, S. **A Massively Parallel Architecture for a Self-Organizing Neural Pattern Recognition Machine.** Center for Adaptive Systems, Boston University – Boston, 1986.

CARPENTER, G, A; GROSSBERG, S. **ART 2: Self-Organization of Stable Category Recognition Codes for Analog input Patterns.** Center for Adaptive Systems, Boston University, 1987.

CAVALCANTI, G, D, C, **Composição de Biometrias para Sistemas Multimodais de Verificação de Identidade Pessoal.** Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Centro de Informática (CIn), 2005.

CAVALCANTI, G, D, C.; PINHEIRO, E, H, F.; FILHO, E, C, B, C.; **Um sistema de verificação de identidade pessoal através de dinâmica da digitação.** Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Centro de Informática (CIn).

FIGLIARESE, M. **Uma Proposta de Autenticação de Usuários para Ensino a Distância.** UFRGS – Porto Alegre, 2000.

G1, **Mundo tem 3,2 bilhões de pessoas conectadas à internet, diz UIT**. Disponível em: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/05/mundo-tem-32-bilhoes-de-pessoas-conectadas-internet-diz-uit.html> Acesso em 30 de abril de 2017.

GUIMARÃES, R, S. **Análise comparativa de “sistemas de autenticação” utilizados em Internetbanking**. IPT – São Paulo, 2006.

HAYKIN, S. **Redes Neurais: Princípios e prática**. HcMaster University, Hamilton, Ontário, Canadá, 1999.

ORRÚ, T. **Redes Neurais Artificiais para Reconhecimento e Classificação de Padrões**. Unicamp – Campinas.

PAVESI, R.S. **Dinâmica da Digitação aplicada a um ambiente WEB**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2007.

RUSSEL, S.J.; Norvig, P. **Artificial Intelligence: A modern approach**. Englewood Cliffs, New Jersey, 1995.

SILVA, J, C. **Diagnóstico de Distúrbios de Tensão em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica usando um Algoritmo Imuno-Neural**. UNESP, Ilha Solteira – SP, 2014.

SILVA, L, N, C. **Análise e Síntese de Estratégias de Aprendizado para Redes Neurais Artificiais**. Campinas – SP, 1998.

Avaliação Físico-Química da Qualidade do Vinho Tinto de Mesa Suave Nacional Comparado ao Vinho Tinto de Mesa Suave Estrangeiro

Physical-Chemical Evaluation of the Quality of the Soft National Red Wine
Compared to the Foreign Soft Table Red Wine

Kálita Martioli Macedo¹

Rosa Valéria Abreu Rowe²

Cátia Cândida de Almeida³

RESUMO

O vinho é considerado uma das bebidas mais antigas do mundo, com suas primeiras evidências em cavernas pré-históricas. No Brasil, a história da vitivinicultura teve início em 1532 e se propagou para todos os estados e principalmente no Rio Grande do Sul. Desde então a vitivinicultura no Brasil vem se desenvolvendo e ganhando espaço no mercado internacional. O presente trabalho avaliou a qualidade do vinho tinto de mesa suave brasileiro, por meio de análises físico-químicas, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz. Analisou-se a densidade relativa, o grau alcoólico real, extrato seco, acidez total, acidez fixa, acidez volátil, açúcares redutores, açúcares não redutores e açúcares redutores totais. Os resultados obtidos foram confrontados com a legislação em vigor, estabelecido pelo Ministério da Agricultura. Com base nas análises realizadas verificou-se que tanto as amostras do vinho nacional, quanto as amostras do vinho estrangeiro estavam de acordo com os limites estabelecidos

¹ Acadêmica do 8º termo do curso de Química no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Engenheira Química, Mestre em Físico-Química pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. Docente do Curso de Química do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

³ Estatística, doutoranda em Ciência da Informação pelo PPCI - UNESP – Marília. Docente dos Cursos de Engenharias do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

pela legislação. Através do teste estatístico não paramétrico de Mann-Whitney, comparando os valores obtidos entre os dois lotes observou-se que não há diferenças analíticas.

Palavras-chave: Vinho Tinto de Mesa Suave; Qualidade; Físico-Químico.

ABSTRACT

Wine is considered one of the oldest drinks in the world, with its first evidence in prehistoric caves. In Brazil, the history of viticulture began in 1532 and spread to all states and especially in Rio Grande do Sul. Since then, viticulture in Brazil has been developing and gaining space in the international market. The present work evaluated the quality of Brazilian soft table red wine, through physical-chemical analyzes, according to the Adolf Lutz Institute's Analytical Standards. Relative density, actual alcoholic strength, dry extract, total acidity, fixed acidity, volatile acidity, reducing sugars, non-reducing sugars and total reducing sugars were analyzed. The results obtained were confronted with the legislation in force, established by the Ministry of Agriculture. On the basis of the analyzes carried out, it was found that both the samples of the national wine and the samples of the foreign wine were in accordance with the limits established by the legislation. Using the Mann-Whitney non-parametric statistical test, comparing the values obtained between the two batches, it was observed that there were no analytical differences.

Key Words: Soft Table Red Wine; Quality; Physical-Chemical.

Introdução

Não se pode apontar, precisamente, o local e a época em que o vinho foi feito pela primeira vez. Porém, arqueólogos encontraram no interior de cavernas pré-históricas na Ásia Ocidental e na Europa o que seriam as primeiras evidências da existência do vinho: folhas de videira e semente de uva. Isso mostra que o vinho é uma das bebidas mais antigas do mundo (GRIZZO, 2014).

No Brasil, a história de vitivinicultura tem início em 1532 com as videiras que Martim Afonso de Sousa trouxe do arquipélago dos Açores, plantadas então, na Capitania de São Vicente, hoje Estado de São Paulo (SANTANA, 2005). Segundo Pacheco (2008, p. 11) o vinho se propagou por quase todos os estados brasileiros, mas a elaboração de bons vinhos só foi conseguida com o desenvolvimento da vitivinicultura no Rio Grande do Sul. Como dita Grizzo (2014), alguns anos mais tarde essas vinhas foram destruídas pelos portugueses, pois eles não queriam concorrência dos vinhos brasileiros com os vinhos portugueses, uma vez que eles exportavam o vinho para o Brasil.

O plantio de videiras no Brasil só foi recomeçado por volta de 1870 na serra Gaúcha com a chegada dos imigrantes italianos (PACHECO, 2008, P. 12). Desde então, a área cultivada com videiras no Brasil atinge 82,5 hectares, sendo o Rio Grande do Sul o principal produtor com 49,9 hectares, seguido pelo estado de São Paulo que possui cerca de 9,5 de hectares de área cultivada (MELLO, 2012).

Segundo a UVIBRA (União Brasileira de Vitivinicultura) o Brasil produziu entre o ano de 2005 e 2015 cerca de 703 milhões de quilos de uva (entre uvas comuns e viníferas), 247 milhões de litros de vinho e 195 milhões de litros de derivados (suco de uva, vinagre, entre outros). Exportou, segundo a UVIBRA, no ano de 2015, 19 milhões de litros de vinho.

O Ministério da Agricultura em sua lei nº 7.678 de 8 de novembro de 1998 dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. O presente trabalho analisou e determinou a qualidade o vinho tinto de mesa suave brasileiro comparado ao vinho tinto de mesa suave estrangeiro, de acordo com as especificações recomendadas.

Metodologia

As análises foram realizadas nos laboratórios multidisciplinares do UniSALESIANO – Araçatuba-SP e no laboratório de biocombustíveis da FATEC-Araçatuba (Centro Paula Souza). As amostras foram analisadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz.

Foram determinados os seguintes parâmetros: densidade relativa e grau alcoólico real com utilização do densímetro digital; extrato seco obtido pela

fórmula de Tabarié; acidez total por titulação e neutralização dos ácidos com o auxílio do pHmetro digital; acidez fixa obtida com a diferença entre acidez total e acidez volátil; acidez volátil por titulação colorimétrica; açúcares redutores e açúcares redutores totais através da titulação de oxirredução; açúcares não redutores obtido pela diferença entre açúcares redutores totais e açúcares redutores.

Em análises de densidade relativa de densidade relativa a 20°C, teor alcoólico em °GL (%v/v) e °INPM (%w/w) utilizou-se o densímetro digital localizado na FATEC – Araçatuba (Centro Paula Souza). As demais análises foram desenvolvidas no laboratório de Química do UniSALESIANO – Araçatuba.

Para análise dos resultados, foi aplicado o teste estatístico de Mann-Whitney utilizando o nível de significância de 5% (BARBETTA, 2010).

Resultados e Discussão

Para o vinho ser comercializado o Ministério da Agricultura dispõe algumas especificações para produção, circulação e comercialização de vinhos em sua lei nº 7.678 de 8 de novembro de 1998.

1. Densidade relativa e grau alcoólico real

1.1. Vinhos Brasileiros

Os dados obtidos no densímetro digital encontram-se nas tabelas 1 e 2 abaixo:

Tabela 1: Resultados de Densidade, °GL e °INPM Para Os Vinhos Brasileiros Do Lote 1.

Garrafas	Lote 1		
	Densidade (g/cm ³)	% v/v °GL	% v/v °INPM
1	0,99196	8,70	6,92
2	0,99107	10,00	7,96
3	0,99050	10,84	8,64
4	0,99072	10,52	8,38
5	0,99039	11,00	8,78
6	0,99046	10,90	8,70
7	0,99045	10,92	8,70
8	0,99052	10,82	8,62
9	0,99050	10,84	8,64
10	0,99018	11,32	9,02

Tabela 2: Resultados de Densidade, °GL e °INPM Para Os Vinhos Brasileiros Do Lote 2.

Lote 2			
Garrafas	Densidade (g/cm ³)	% v/v °GL	% v/v °INPM
1	0,99036	11,06	8,82
2	0,99068	10,56	8,42
3	0,99040	10,98	8,76
4	0,99056	10,74	8,56
5	0,99042	10,96	8,74
6	0,99037	11,04	8,80
7	0,99042	10,96	8,74
8	0,99102	11,02	8,80
9	0,99068	10,86	8,82
10	0,99128	10,62	8,56

p_valor (densidade)= 0,796; p_valor (teor alcoólico °GL)= 0,247; p_valor (teor alcoólico °INPM)= 0,165

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe a diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

Além desses parâmetros analisados, foram analisados também o teor de acidez fixa, acidez total, acidez volátil, extrato seco, açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores, como mostram as tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 a seguir:

Tabela 3: Resultados da Acidez Total, Acidez Volátil e Acidez Fixa Para os Vinhos Brasileiros Do Lote 1.

Lote 1			
Garrafas	Acidez Total (meq/L)	Acidez Volátil (meq/L)	Acidez Fixa (meq/L)
1	79,04	5,41	73,62
2	76,00	6,46	69,54
3	77,14	7,60	69,54
4	77,71	7,60	70,11
5	78,66	13,30	65,36
6	78,09	8,83	69,26
7	75,05	8,55	66,50
8	76,00	10,35	65,65
9	77,14	10,35	66,79
10	75,05	11,40	63,65

Tabela 4: Resultados da Acidez Total, Acidez Volátil e Acidez Fixa Para os Vinhos Brasileiros Do Lote 2.

Garrafas	Lote 2		
	Acidez Total (meq/L)	Acidez Volátil (meq/L)	Acidez Fixa (meq/L)
1	76,85	10,45	66,40
2	77,90	13,30	64,60
3	77,90	11,40	66,50
4	76,09	10,35	65,74
5	76,95	9,78	67,17
6	76,95	9,69	67,26
7	77,90	7,88	70,02
8	76,06	8,83	67,23
9	76,32	11,40	64,92
10	77,14	9,78	67,36

p_valor (acidez total)= 1,000; p_valor (acidez volátil)= 0,165; p_valor (acidez fixa)= 0,436

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

Tabela 5: Resultados dos Açúcares Totais, Açúcares Redutores e Açúcares não Redutores dos Vinhos Brasileiros do Lote 1.

Garrafas	Lote 1		
	Açúcares Totais (g/L)	Açúcares Redutores (g/L)	Açúcares não Redutores (g/L)
1	20,4	7,2	13,2
2	21,0	7,4	13,6
3	20,2	7,1	13,1
4	20,4	7,1	13,3
5	20,4	7,1	13,3
6	21,0	7,3	13,1
7	20,8	7,4	13,4
8	20,6	7,4	13,2
9	21,0	7,3	13,7
10	21,2	7,2	14,0

Tabela 6: Resultados dos Açúcares Totais, Açúcares Redutores e Açúcares não Redutores dos Vinhos Brasileiros do Lote 2.

Garrafas	Lote 2		
	Açúcares Totais (g/L)	Açúcares Redutores (g/L)	Açúcares não Redutores (g/L)
1	20,6	7,4	13,2
2	20,2	7,3	12,9
3	21,2	7,4	13,8
4	20,8	7,1	13,7
5	20,4	7,2	13,2
6	20,6	7,2	13,4
7	20,4	7,4	13,1
8	20,4	7,3	13,0
9	20,2	7,2	12,9
10	20,8	7,1	13,6

p_valor (açúcares totais)= 0,393; p_valor (açúcares redutores)= 0,853; p_valor (açúcares não redutores)=0,393

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

Tabela 7: Resultados do Extrato Seco dos Vinhos Brasileiros do Lote 1.

Lote 1	
Garrafas	Extrato Seco (g/L)
1	4,3
2	4,0
3	4,3
4	4,6
5	4,6
6	4,0
7	4,7
8	4,2
9	4,0
10	4,2

Tabela 8: Resultados do Extrato Seco dos Vinhos Brasileiros do Lote 2.

Lote 2	
Garrafas	Extrato Seco (g/L)
1	4,0
2	4,0
3	4,2
4	4,7
5	4,3
6	4,5
7	4,8
8	4,8
9	4,2
10	4,7

p_valor (extrato seco)= 0,353

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

1.2. Vinhos Estrangeiros

Os dados obtidos no densímetro digital encontram-se nas tabelas 9 e 10 abaixo:

Tabela 9: Resultados de Densidade, °GL e °INPM Para Os Vinhos Estrangeiros Do Lote 1.

Lote 1			
Garrafas	Densidade (g/cm ³)	% v/v °GL	% v/v °INPM
1	0,99018	11,32	9,02
2	0,99024	11,22	8,94
3	0,98988	11,78	9,38
4	0,99207	11,80	8,94
5	0,99056	10,76	8,58
6	0,99001	11,58	9,22
7	0,99509	10,30	9,02
8	0,99023	11,24	8,96
9	0,98999	11,60	9,26
10	0,99218	11,24	8,94

Tabela 10: Resultados de Densidade, °GL e °INPM Para Os Vinhos Estrangeiro Lote 2.

Lote 2			
Garrafas	Densidade (g/cm ³)	% v/v °GL	% v/v °INPM
1	0,99129	10,30	8,20
2	0,99084	10,34	8,24
3	0,99086	10,30	8,20
4	0,99126	10,30	8,26
5	0,99082	10,36	8,26
6	0,99052	10,80	8,62
7	0,99005	11,52	9,18
8	0,99150	10,30	8,20
9	0,99103	10,06	8,02
10	0,99019	11,30	9,00

p_valor (densidade)= 0,105; p_valor (teor alcoólico °GL)= 0,011; p_valor (teor alcoólico °INPM)= 0,004

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

Além desses parâmetros analisados, foram analisados também o teor de acidez fixa, acidez total, acidez volátil, extrato seco, açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores dos vinhos estrangeiros, como mostram as tabelas 11, 12, 13, 14, 15 e 16 a seguir:

Tabela 11: Resultados da Acidez Total, Acidez Volátil e Acidez Fixa Para os Vinhos Estrangeiros Do Lote 1.

Lote 1			
Garrafas	Acidez Total (meq/L)	Acidez Volátil (meq/L)	Acidez Fixa (meq/L)
1	77,90	10,35	67,55
2	76,00	10,45	65,55
3	80,75	10,73	70,02
4	78,85	10,26	68,59
5	79,80	9,97	69,83
6	77,90	10,45	67,45
7	76,95	10,64	66,31
8	81,70	10,92	70,78
9	80,75	10,35	70,40
10	76,95	10,54	66,41

Tabela 12: Resultados da Acidez Total, Acidez Volátil e Acidez Fixa Para os Vinhos Estrangeiro Do Lote 2.

Garrafas	Lote 2		
	Acidez Total (meq/L)	Acidez Volátil (meq/L)	Acidez Fixa (meq/L)
1	80,75	10,73	70,02
2	81,70	10,92	70,78
3	79,80	10,54	69,26
4	76,95	10,45	66,50
5	77,90	10,35	67,55
6	78,85	10,83	68,02
7	76,95	10,73	66,22
8	76,00	10,54	65,46
9	76,95	10,45	66,50
10	79,80	10,64	69,16

p_valor (acidez total)= 0,796; p_valor (acidez volátil)= 0,165; p_valor (acidez fixa)= 0,739

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

Tabela 13: Resultados dos Açúcares Totais, Açúcares Redutores e Açúcares não Redutores dos Vinhos Estrangeiros do Lote 1.

Garrafas	Lote 1		
	Açúcares Totais (g/L)	Açúcares Redutores (g/L)	Açúcares não Redutores
1	21,2	7,1	14,1
2	20,4	7,2	13,3
3	20,8	7,4	13,4
4	20,8	7,0	13,8
5	21,9	7,0	14,9
6	20,4	7,5	12,9
7	21,4	7,6	13,7
8	20,5	7,3	13,3
9	20,6	7,0	13,6
10	20,6	7,8	12,8

Tabela 14: Resultados dos Açúcares Totais, Açúcares Redutores e Açúcares não Redutores dos Vinhos Estrangeiros do Lote 2.

Garrafas	Lote 2		
	Açúcares Totais (g/L)	Açúcares Redutores (g/L)	Açúcares não Redutores
1	20,7	7,0	13,8
2	20,7	7,7	13,0
3	20,4	7,5	13,0
4	21,6	7,2	14,5
5	21,3	7,2	14,1
6	20,4	7,1	13,3
7	20,4	7,2	13,2
8	20,8	7,3	13,6
9	21,4	7,8	13,6
10	20,4	7,2	13,3

p_valor (açúcares totais)= 0,739; p_valor (açúcares redutores)= 0,739; p_valor (açúcares não redutores)=0,912

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

Tabela 15: Resultados do Extrato Seco dos Vinhos Estrangeiros do Lote 1.

Lote 1	
Garrafas	Extrato Seco (g/L)
1	4,2
2	4,3
3	4,2
4	4,1
5	4,0
6	4,3
7	4,6
8	4,1
9	4,3
10	4,4

Tabela 16: Resultados do Extrato Seco dos Vinhos Estrangeiros do Lote 2.

Lote 2	
Garrafas	Extrato Seco (g/L)
1	4,0
2	4,1
3	4,0
4	4,3
5	4,7
6	4,3
7	4,3
8	4,3
9	4,3
10	4,2

p_valor (extrato seco)= 0,971

De acordo com o teste estatístico de Mann-Whitney, não existe diferença entre essas análises nos lotes 1 e 2 avaliados.

No Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) dos vinhos são determinados para vinho tinto de mesa suave os parâmetros abaixo, conforme a tabela 17.

Tabela 17: Especificações do Vinho Tinto de Mesa Suave, Segundo seu PIQ:

	Vinho Tinto de Mesa	
	Max.	Mín.
Álcool etílico em graus % vol, a 20°C	13,0	10,0
Acidez Total (meq/L)	130,0	55,0
Acidez Volátil (meq/L)	20,0	-
Açúcares Totais (g/L)	-	20,1
Extrato Seco (g/L)	4,8	-

Os vinhos analisados enquadram-se nos padrões de identidade e qualidade especificados pela lei. As amostras dos vinhos brasileiros apresentaram as seguintes qualificações: o resultado de densidade relativa apresentou uma média de 0,9906g/cm³. O grau alcoólico real apresentou uma média de 10,733 °GL a 20°C, em conformidade com a legislação que dita um teor mínimo de 10°GL e máximo de 13°GL. Segundo a legislação, o extrato seco do vinho em questão deve ser no máximo 4,8 g/L e a média apresentada pelas análises foi de 4,34 g/L, que prova que as amostras estavam em conformidade com a legislação. As análises de acidez total, acidez fixa e acidez volátil apresentaram, respectivamente, uma média de 77,05 meq/L, 67,40 meq/L e 9,63 meq/L, e também estavam em conformidade, uma vez que a legislação dita que a acidez total deve apresentar um teor mínimo de 55,0 meq/L e 130,0 meq/L no máximo, já a acidez volátil deve apresentar um teor máximo de 20,0 meq/L. As análises de açúcares não redutores apresentou uma média de 13,4 g/L, as de açúcares redutores a média foi de 10,5 g/L e os açúcares redutores totais a média foi de 20,6 g/L, que condiz com a legislação, que dita que o teor mínimo de açúcares redutores totais seja 20,1 g/L.

Já as amostras dos vinhos estrangeiros apresentaram as seguintes qualificações: o resultado de densidade relativa apresentou uma média de 0,9909g/cm³. O grau alcoólico real apresentou uma média de 10,921 °GL a 20°C, em conformidade com a legislação que dita um teor mínimo de 10°GL e máximo de 13°GL. Segundo a legislação, o extrato seco do vinho em questão deve ser no máximo 4,8 g/L e a média apresentada pelas análises foi de 4,25 g/L, que prova que as amostras estavam em conformidade com a legislação. As análises de acidez total, acidez fixa e acidez volátil apresentaram, respectivamente, uma média de 78,51 meq/L, 68,12 meq/L e 10,54 meq/L, e também estavam em conformidade, uma vez que a legislação dita que a acidez total deve apresentar um teor mínimo de 55,0 meq/L e 130,0 meq/L no máximo, já a acidez volátil deve apresentar um

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

teor máximo de 20,0 meq/L. As análises de açúcares não redutores apresentou uma média de 13,56 g/L, as de açúcares redutores a média foi de 7,3 g/L e os açúcares redutores totais a média foi de 20,8 g/L, que condiz com a legislação, que dita que o teor mínimo de açúcares redutores totais seja 20,1 g/L.

Apesar do cálculo da média indicar que todas as amostras estavam dentro dos padrões exigidos pela legislação, a garrafa 1 do lote 1 do vinho nacional apresentou o teor alcoólico abaixo do limite mínimo permitido. Já as garrafas do lote 2, estavam todas, dentro das especificações. Além de estarem dentro das especificações estabelecidas, comprovou-se que o teor alcoólico real das amostras se aproximavam do teor que era indicado no rótulo.

As amostras de origem estrangeira também apresentaram teor alcoólico dentro das especificações. Uma vez que, mesmo tendo sido fabricada em outro país, é necessário atender as normas brasileiras para comercialização no território nacional. Apesar de estarem dentro das especificações, ambos os lotes apresentaram teor alcoólico real, obtido experimentalmente, abaixo do teor alcoólico indicado no rótulo, que era 13°GL.

A acidez total é um elemento fundamental que participa das características organolépticas dos vinhos. Os vinhos tintos com melhor classificação (na categoria analisada) são aqueles que possuem acidez total mais baixa, sendo um elemento fundamental no vinho, pois está relacionado com suas características organolépticas (RIZZON, 1987). Pôde-se constatar que as amostras analisadas, estavam dentro da faixa determinada, relativamente distantes do valor máximo permitido. Entretanto, constatou-se que os vinhos estrangeiros apresentaram um teor de acidez total um pouco mais alto que os vinhos brasileiros.

A acidez volátil representa o conjunto dos ácidos graxos da série acética encontrados nos vinhos, seus valores representam um indicativo do estado sanitário e as alterações microbiológicas do vinho. Sendo assim, quanto menor o valor da acidez volátil melhor o vinho, do ponto de vista qualitativo (SUGARI; BENNEMANN, 2011). A legislação estabelece que o vinho tinto de mesa não tenha valor de acidez volátil maior que 20 meq/L. Nas amostras analisadas, observou-se que as garrafas brasileiras 5, 8, 9 e 10 do lote 1 e as garrafas brasileiras 1, 2, 3 e 4 do lote 2 apresentaram um valor de acidez volátil relativamente alto, comparado

às outras garrafas. Como isso ocorreu em garrafas esporádicas e não com o lote inteiro, indica uma possível contaminação na hora do envase, que permitiu que transformações microbiológicas ocorressem dentro de cada garrafa (SUGARI; BENNEMANN, 2011). Com as garrafas estrangeiras não ocorreu o mesmo. Todas as amostras estavam com teor de acidez volátil relativamente e sem grandes variações.

Os açúcares totais mostram o teor dos açúcares não redutores e redutores juntos. Essa análise é muito importante, pois determina vários fatores. Determina o grau de maturação da uva, ou seja, se foi colhida antes do tempo, ou se houve algum problema na safra o teor do mesmo será menor, além de determinar o potencial grau alcoólico do vinho (GALACHO, 1998). Para o vinho tinto de mesa suave a legislação determina um teor mínimo de 20,1 g/L de açúcares totais. Pôde-se observar que tanto as amostras brasileiras, quanto as estrangeiras, de ambos os lotes estavam dentro do padrão.

O extrato seco representa as substâncias que não se volatilizam, entre elas: ácidos fixos, sais orgânicos e minerais. Organolepticamente falando, o teor do extrato seco está relacionado ao corpo do vinho e sua estrutura. Também é possível, através desse parâmetro, determinar a qualidade da uva (rizzon; miele, 1996). A legislação dita, para a categoria de vinho analisada, um teor máximo de 4,8 g/L de extrato seco. Observou-se que todas as amostras atendiam tal exigência.

Conclusão

Concluiu-se que os vinhos brasileiros estão em plena conformidade com a legislação. Já os vinhos estrangeiros, apesar de atender as exigências da legislação vigente, apresentaram divergência nas informações contidas no rótulo. Comparando as análises do vinho nacional e estrangeiro, através do teste estatístico aplicado, observou-se que não houve diferenças entre as análises, excetuando as de acidez total e volátil. Face a isso, compreende-se a importância de um bom processo de produção e um controle de qualidade com maior eficiência, bem como a necessidade de uma maior fiscalização.

Referências Bibliográficas

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

BARBETTA, Pedro Alberto. ESTATÍSTICA APLICADA ÀS CIÊNCIAS SOCIAIS. 7 ed. Editora da UFSC, livros da série didática, 2010.

BRASIL. Decreto-Lei nº 7678, de 8 de novembro de 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Diário Oficial da União, Brasília, 11 nov. 1988, p. 21561, Seção 1.

GALACHO, Cristina. DOSAMENTO DOS AÇÚCARES REDUTORES NO VINHO POR TITULAÇÃO REDOX-IODOMETRIA. 1998. Provas de aptidão pedagógica apresentadas na Universidade Évora, Portugal.

GRIZZO, Arnaldo. A HISTÓRIA DO VINHO E O VINHO NA HISTÓRIA. Disponível em: <http://revistaadega.uol.com.br/artigo/historia-do-vinho-e-o-vinho-na-historia_9693.html>. Acesso em: 25 de mar. de 2016.

MELLO, Loiva M. R. PANORAMA DA VITIVINICULTURA. 2012. Embrapa.

PACHECO, Aristides O. INICIAÇÃO A ENOLOGIA. 5. ed. São Paulo: Senac, 2008.

RIZZON, Luiz A. Características Analíticas dos vinhos da micro região homogênea viticultura de Caxias do Sul (MRH 311): análises clássicas. EMBRAPA EVA E VINHO. Bento Gonçalves, 1987. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55195/1/cot006.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2016.

RIZZON, Luiz A.; MIELE, Alberto. EXTRATO SECO TOTAL DE VINHOS BRASILEIROS: COMPARAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS. Ciência Rural. Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 297-300, 1996.

SANTANA, Merce T. A. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, QUÍMICA E SENSORIAL DE FRUTOS E VINHOS. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/comunicado/cot137.pdf>>. Acesso em: 25

de mar. de 2016.

SUGARI, Adair; BENNEMANN, Délcio. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE VINHOS TINTOS ELABORADOS NO SUDOESTE DO PARANÁ. 2011. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Paraná.

UVIBRA. COMERCIALIZAÇÃO DE VINHOS E DERIVADOS – MERCADO INTERNO E EXTERNO. Disponível em: <http://www.uvibra.com.br/pdf/comercializacao2010a2015_dez.pdf>. Acesso em: 4 de abr. de 2016.

UVIBRA. PRODUÇÃO DE UVAS, ELABORAÇÃO DE VINHOS E DERIVADOS. Disponível em: <http://www.uvibra.com.br/pdf/safra_uva2005-2015.pdf>. Acesso em 4 de abr. de 2016.

Desenvolvimento de equipamento para análise de corrosão por ensaio destrutivo – Névoa salina

Development of equipment for corrosion analysis by destructive testing – Salt Spray

Cristiano Fiumari Steluti¹
Danilo Gomes Augusto¹
Francine Matos Pereira de Souza¹
Gustavo Borges Torresan¹
Matheus Mendes Salesse¹
Rômulo José Nicolau¹
Prof. Me. Odilon Caldeira Filho²

RESUMO

Este artigo apresenta o protótipo de um equipamento para análise de corrosão de materiais por ensaio destrutivo, a névoa salina (*salt spray*) para posteriormente ser usada de forma didática, nas disciplinas do Curso de Engenharia Mecânica que estejam envolvidas com Ciência dos Materiais e Materiais de Construção Mecânica. O sistema consiste em uma câmara fechada onde é borrifada uma névoa de solução salina em ambiente com temperatura e vazão controlada. Os corpos de provas ficam expostos a essa solução por tempos determinados (dependendo do material a ser analisado) para, ao final do teste, ser avaliado o nível de corrosão que este material sofreu.

Palavras-chave: Corrosão; Névoa salina; Análise de materiais.

ABSTRACT

This paper presents the prototype of an equipment for the analysis of corrosion of materials by destructive test, the salt mist (*salt spray*) to later be used in a didactic way, in the disciplines of the Mechanical Engineering that are involved with Materials Science and Mechanical Construction Materials. The system consists of a closed chamber where a mist of saline solution is sprayed in an environment

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

² Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNESP. Orientador do trabalho e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

with controlled temperature and flow. The test samples are exposed to this solution for a certain time (depending on the material being analyzed), so that, at the end of the test, the level of corrosion that this material has undergone is evaluated.

Key words: Corrosion; Salt spray; Material analysis.

INTRODUÇÃO

A construção de projetos requer que o Engenheiro Mecânico considere o emprego de materiais, sendo necessário que estes resistam à ação do meio corrosivo, apresentem propriedades mecânicas suficientes e características de fabricação adequadas, além da preocupação com o meio ambiente, procurando selecionar materiais tendo este foco.

Um material estável é aquele que pode subsistir em vários ambientes sem sofrer alterações químicas ou estruturais. Quando se avalia a estabilidade de um material deve-se antes considerar possíveis variações em composição e estrutura interna durante o serviço. Portanto, o profissional de engenharia deve entender os mecanismos de corrosão, a fim de minimizar seus efeitos e evitar condições de corrosão severa (VAN VLACK, 1970).

O problema da corrosão metálica é de proporções significativas; em termos econômicos foi estimado que aproximadamente 5% das receitas de uma nação industrializada sejam gastos na prevenção da corrosão e na manutenção ou substituição de produtos perdidos ou contaminados como resultado de reações de corrosão (CALLISTER, 2008).

A necessidade de um equipamento para ensaios de corrosão surgiu observando o mercado de metal mecânica, caldeiras, vasos de pressão e indústrias de fertilizantes, nas quais necessitam de uma análise de composição de oxidação de metais ferrosos. Esse equipamento vem trazer, tanto na área acadêmica quanto industrial, maior autonomia para análises de corrosão, simulando a vida real do material no campo, tendo em vista que há pouca referência desse equipamento por névoa salina no Brasil.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um equipamento de ensaio de corrosão para materiais de construção mecânica, através de ensaio destrutivo por névoa salina (*Salt Spray*), para uso acadêmico, nas aulas de Ciências dos Materiais, permitindo que a Instituição ministre aulas práticas de ensaios de corrosão. A prática obtida com o equipamento pode possibilitar aos futuros acadêmicos de Engenharia uma capacitação que os atuais acadêmicos da Instituição não têm acesso, enriquecendo o conhecimento na área de corrosão.

METODOLOGIA

Revisão bibliográfica

A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos, e causa alterações prejudiciais indesejáveis, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando o material inadequado para o uso. A deterioração de materiais não metálicos, como concreto, borracha, polímeros ou madeira, devido à ação do meio ambiente, é considerada também, por alguns autores, como corrosão (GENTIL, 2011).

O estudo da corrosão dos materiais é de grande importância, pois os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades. Além disso, em maior ou menor grau, a maioria dos materiais experimenta algum tipo de interação com diversos ambientes, que comprometem a utilidade de um material como resultado da deterioração das suas propriedades mecânicas, físicas ou da sua aparência (CALLISTER, 2008).

A previsibilidade dos processos de corrosão, além de reduzir seu potencial de risco intrínseco à pessoas e equipamentos, aumenta a confiabilidade e disponibilidade de instalações com conseqüente minimização do custo operacional da planta (FOFANO, 1999).

Uma importante aplicação do estudo de materiais na engenharia mecânica está na construção dos vasos de pressão, equipamentos de alto grau de risco. O projeto de um vaso de pressão deve envolver uma série de cuidados especiais, exigindo conhecimento de normas, boas práticas de engenharia e de materiais

adequados para cada tipo de aplicação. A falha deste tipo de equipamento pode ter consequências catastróficas, incluindo perdas humanas (LOSITO, 2015).

Em alguns setores, embora a corrosão não seja muito representativa em termos de custos diretos, deve-se levar em consideração o que ela pode representar em questões de segurança, interrupção de comunicações, preservação de monumentos históricos e poluição ambiental (GENTIL, 2011).

Desta forma, a importância de estudos de corrosão está cada vez maior, a fim de evitar e prevenir danos econômicos e sociais causados a praticamente, todos os setores da atividade humana (BONATO, 2003).

Construção do protótipo

Para o desenvolvimento do projeto, que utiliza névoa salina para o ensaio, as normas NBR 8094:1983 e ASTM B117:2011 foram base para a metodologia de construção e de procedimentos operacionais.

A temperatura no interior da câmara de *Salt Spray* é uma variável importante para deixar as condições mais próximas do ambiente da orla marítima e, segundo a NBR 8094:1983, deve ser mantida entre 35 °C. a solução para ensaio contém aproximadamente 5% de cloreto de sódio (NaCl), preparada dissolvendo-se (50 ± 5) g de NaCl num volume de água que permita a obtenção de 1 litro de solução à temperatura ambiente. A névoa salina deve ser tal que, para cada 80 cm² de área de coleta horizontal, haverá de 1,0 a 2,0 ml de solução por hora com base numa média de pelo menos 16 horas.

Os corpos de prova devem ser suportados ou suspensos entre 15° e 30° da vertical e de preferência paralelo à direção principal de fluxo de nevoeiro através da câmara, com base na superfície dominante que está sendo testado.

A Figura 1 representa o desenvolvimento do projeto em Autodesk Inventor® Professional 2017, após estudo das normas NBR 8094:1983 e ASTM B117:2011, debates em grupo para novas ideias e esboços à mão livre.



Figura 1 – Desenvolvimento da Câmara Salt Spray em Autodesk Inventor®
Fonte: Autores, 2017.

Os processos de fabricação foram realizados pelos acadêmicos da equipe do projeto utilizando-se recursos próprios e também junto às empresas parceiras, por disporem de equipamentos adequados.

O sistema de nebulização foi confeccionado por meio de usinagem (torneamento e fresamento) do material, em especial do nylon de 60 mm de diâmetro. O bico de entrada do ar comprimido para geração do *spray* no nebulizador também foi usinado utilizando-se uma barra de latão. Esses processos proporcionam as características de passagem de solução e ar comprimido e a fixação do sistema na câmara interna.

Para os materiais de construção da estrutura do equipamento foram utilizadas cantoneiras de aço carbono 1020, cortadas com serra-fita. Foram unidas através de soldagem por eletrodo revestido e receberam acabamento por disco de desbaste.

Os materiais para compor o gabinete da câmara foram chapas lisas de aço AISI 304, cortadas por guilhotina, retiradas as rebarbas e conformadas por meio da dobradeira mecânica. O processo para unir as chapas foi a soldagem TIG e aplicação por vareta de material. Após a soldagem foi necessário o acabamento dos locais de solda, para isso utilizou a esmerilhadora com disco flap de 120 gramas e em locais internos fez o uso do decapante para limpeza das partes soldada.

A tampa e o suporte dos corpos de prova foram confeccionados em placa de acrílico transparente de 4 mm de espessura. Para dar forma a esses componentes do equipamento, utilizou-se o processo de corte a laser e conformação (dobra) por

meio de uma máquina/ferramenta de dobramento, que faz o aquecimento concentrado por todo o comprimento indicado no desenho de marcação, no qual é dobrado conforme necessidade da angulação (ângulo final da tampa de 120°, dentro do parâmetro estipulado pela ASTM B117:2011).

Para a produção do saturador utilizou-se tubo de aço carbono 1020 de 5 polegadas e espessura de 2,0 mm, cortado na serra fita e faceada no torno para ficar no dimensionamento adequado. Os flanges de fixação e fechamento foram cortados a partir de chapa lisa de aço carbono 1020 de $\frac{3}{8}$ polegadas com processo de corte a plasma, com furos roscados de $\frac{1}{4}$ de polegada para fixação. O tubo e os flanges de base foram soldados com soldagem MAG e, junto ao flange de fechamento, foram pintados com pintura eletrostática a pó. Em seguida, montado com as conexões pneumáticas, válvula de segurança (conforme solicitado pela NR 13), manômetro, resistência, termopar e parafusos do flange de fechamento.

A Figura 2 ilustra etapas do processo de fabricação do equipamento.



Figura 2 - Desenvolvimento do projeto
Fonte: Autores, 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo foi batizado de “Salt Spray Academic”, recebendo a sigla SSA. O equipamento trata-se de um gabinete de aço inoxidável com tratamento superficial anticorrosivo (pintura epóxi) internamente aquecido com uma resistência do tipo imersão, projetado com câmara interna que mantém a temperatura desejada. A tampa da câmara é de acrílico, bico pulverizador de latão com o sistema envolto a

salina por alunos de Engenharia Mecânica demonstra a importância da metodologia dos projetos, a fim de aplicar os conhecimentos teóricos na produção de máquinas.

Considera-se, com o projeto, a aquisição do conhecimento de como interpretar os resultados a fim de se obter as informações desejadas sobre determinado material de construção mecânica exposto a meios corrosivos, assunto explorado em disciplinas de Engenharia Mecânica.

O equipamento se apresenta como multidisciplinar, a ser utilizado não apenas nas disciplinas de Materiais de Construção Mecânica e Ciências dos Materiais; aplica-se também, em disciplinas da Química e quaisquer outras que envolvam seleção de análise de materiais.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM B 117** -*Standard Test Method of Spray (Fog) Testing*, vol. 02.05, Philadelphia, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094** – *Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina*. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

BONATO, M. M.. **Resistência à corrosão do aço ABNT 316L Injetado Sinterizado**. *Dissertação - Mestre em Engenharia Mecânica e de Materiais*. Curitiba: CEFET-PR, (Maio de 2003).

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 10** – *Segurança em instalações e serviços em eletricidade*. Ministério do Trabalho. Brasília, Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 12** – *Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos*. Ministério do Trabalho. Brasília, Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 13** – *Caldeiras e vasos de pressão*. Ministério do Trabalho. Brasília, Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

CALLISTER, W. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

FOFANO, S. **Avaliação de técnicas eletroquímicas na monitoração de corrosão por sulfetos em sistema de água de resfriamento industrial**. Dissertação [Engenharia Mecânica]. Curitiba, 1999.

GENTIL, V. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

LOSITO, R.M. **Análise do comportamento de um vaso de pressão em condição de teste hidrostático**. Trabalho de conclusão de curso [Engenharia Mecânica]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, 2015.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de Ciências dos Materiais**. Blucher: São Paulo, 1970.

Desenvolvimento de suporte hidropneumático para manutenção em câmbio de linha pesada

Hydropneumatic support development for heavy line maintenance

Caio Henrique Fernandes¹
Cauê César Ferres Messias¹
Douglas Almeida da Silva¹
Fernando Alves de Lima¹
Maria Juliana Marques Castilho¹
Welliton Ribeiro Silva¹
Thiago Santana Aranha²
Daniel Lucas de Oliveira³
Odilon Caldeira Filho⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho é projetar e desenvolver um suporte hidropneumático para manutenção em câmbio de linha pesada a fim de reduzir esforços físicos, tempo de operação, e quantidade de operadores durante a manutenção de câmbio, onde a mesma é realizada de forma manual, no qual o operador bombeia, através de uma alavanca, o fluido presente no reservatório, fazendo com o que o pistão hidráulico seja atuado. Essa operação oferece riscos para os operadores envolvidos na manutenção exigindo maior número de pessoas e ocupando um tempo que poderia ser otimizado utilizando um equipamento específico. O projeto desenvolvido vai contribuir, para uma maior segurança na operação da caixa de câmbio dos veículos de linha pesada na elevação e movimentação aplicada em oficinas mecânicas em geral.

Palavras-chave: Suporte hidropneumático, Manutenção, Câmbio, Linha pesada.

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

² Engenheiro Mecatrônico, Co-orientador do trabalho e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba - SP

³ Engenheiro Mecatrônico, Mestre em Engenharia Mecânica pela Unesp. Co-orientador do trabalho e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba - SP.

⁴ Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Mecânica pela Unesp. Orientador do trabalho e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

ABSTRACT:

The objective of this assignment is to design and develop a hydropneumatic support for maintenance in heavy line gear shift in order to reduce physical efforts, time of operation, and quantity of operators during the gear shift maintenance, in which it is carried out manually and the operator pumps, through a lever, the fluid present in the reservoir and that makes the hydraulic piston to be actuated. This operation is risky to operators who are involved in maintenance because it requires more people and takes a long time and that could be optimized by using specific equipment. The developed project will contribute to a greater safety in the gearbox operation of the heavy line vehicles in the elevation and movement applied to mechanic workshops in general.

Keywords: Hydropneumatic support, Maintenance, Exchange, Heavy line.

1. Introdução

No século XVII, o francês Blaise Pascal estudou o princípio do sistema hidráulico do uso de um fluido confinado para transmitir e multiplicar forças em todas as direções, e no século XIX o grego Ktesibios se interessou pelo uso do sistema pneumático consistindo de ar comprimido como um meio de transmitir energia em movimentos para o auxílio no trabalho diminuindo os esforços físicos, que na época eram utilizados dispositivos engenhosos e rodas d'água.

O mecânico Joseph Bramah, na revolução industrial, utilizou o princípio de Pascal¹ para desenvolver a primeira “prensa hidráulica”. A partir dessa inovação, várias atividades passaram a ser realizadas com mais facilidade, diminuindo assim os riscos de acidentes de trabalho.

A hidráulica e a pneumática são aplicadas na indústria ferroviária, automobilística, automação industrial, máquinas operatrizes, robôs manipuladores, e móbil com a necessidade de automatizar e racionalizar os processos de produção diminuindo custo de operação e o monitoramento de retrabalho de peças seriadas que estão presentes deste a mais simples forma de substituição do esforço muscular. Esses dispositivos oferecem os movimentos retilíneos obtidos pelos cilindros que são transformados em movimento

pendulares, semicirculares e até circulares com configurações especiais e acessórios.

Nas oficinas mecânicas de linhas de equipamentos pesados a utilização do suporte de elevação de carga (macaco hidráulico), exige um esforço físico das pessoas envolvidas no processo da retirada e colocação das caixas de câmbio representando um trabalho pesado e ao mesmo tempo oferece riscos. Muitas vezes é realizada manualmente de maneira inadequada pelo operador, além de problemas ergonômicos.

Vários autores concluíram estudos que consistiram no desenvolvimento de um sistema de elevação de carga para aplicação em oficinas dedicadas à mecânica pesada, com desenvolvimento, planejamento, de um projeto informacional e conceitual, obtivesse a identificação da oportunidade de negócio e demandas do mercado contribuindo, um produto que atenda o vasto número de requisitos. Analisando os produtos já existentes em mercado foi possível coletar suas qualidades e deficiências de um novo conceito. O macaco hidráulico para retirada de caixa de câmbio deverá realizar a sua função com eficiência, transmitindo segurança e de fácil manuseio.

2. Objetivo

O objetivo do presente trabalho é projetar e desenvolver um suporte hidropneumático para manutenção em câmbio de linha pesada a fim de tornar mais eficaz com a redução dos esforços físicos, tempo de execução, e reduzir quantidade de operadores durante a manutenção.

Para isto, o protótipo desenvolvido terá que atender determinados objetivos operacionais de funcionamento, baseado na elevação do suporte, onde será realizado o carregamento do componente a ser feito a manutenção, através de um braço. Para a elevação do braço, há duas fontes de acionamento, que são:

- Pressão do ar (pneumático) a partir de um compressor (fonte de ar comprimido), é fornecido ar pressurizado para a válvula de controle, onde essa válvula regula o acionamento da bomba pneumática. Essa bomba é formada por um pistão de simples ação com retorno por mola. Essa bomba gera pressão no reservatório hidráulico, fazendo com que seja atuado o pistão hidráulico, dando movimento ao braço de elevação.

- Energia mecânica (física) a partir do movimento de alavanca, na bomba manual, gera-se pressão no reservatório hidráulico e com isso, é atuado o pistão hidráulico, dando movimento ao braço de elevação.

Para melhor compreensão do sistema, é mostrado na Figura 1 um diagrama esquemático com as principais partes constitutivas do mesmo.

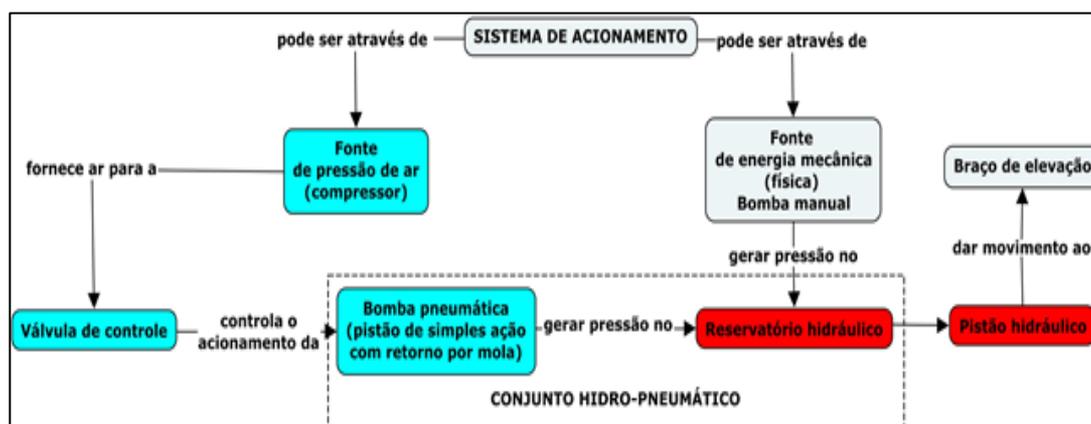


Figura 1 - Diagrama esquemático dos sistemas de acionamento. Fonte: Autores, 2018.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Sistema hidráulico

A hidráulica derivou-se do termo grego *dydor* significa água, que estuda o comportamento relativo à água e de outros líquidos que esteja em repouso ou em movimento. Na antiguidade os problemas práticos que eram apresentados e resolvidos com o esforço físico substituindo máquinas sem tecnologia para facilitar as operações. A lei de Pascal define “Em qualquer ponto no interior de um líquido em repouso, a pressão é a mesma em toda as direções”, a Figura 2 apresenta um recipiente cheio de líquido, quando aplica uma força F_1 êmbolo 1 numa pequena área A_1 , a pressão exercida é aplicada em todos os pontos do recipiente aumentando a força proporcionalmente na área A_2 êmbolo 2 (NETTO et al., 1998).

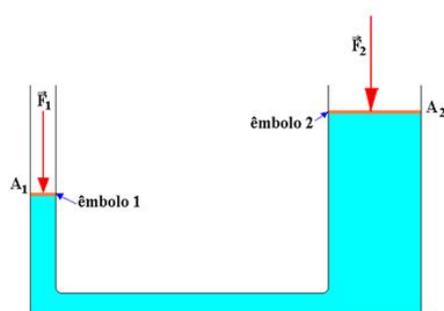


Figura 2 - Princípio da Lei de Pascal. Fonte: SILVA, 2018.

O diâmetro do pistão que foi dimensionado para o sistema hidráulico, demonstrou-se mais eficiente em força, segurança e instalação simples em relação de outros sistemas, tais como: o sistema elétrico apresenta um ótimo controle de força e velocidade, mas torna um projeto caro e a instalação desproporcional devido a uma grande quantidade de componentes, e impossibilita o trabalho em campo (lavoura) em locais onde não há energia elétrica.

3.2 Pistão hidráulico

Projetado no interior de um cilindro em diâmetro do tubo, tendo como função criar uma pressão necessária para obtenção de força para levantar cargas aplicadas em equipamentos nos setores rodoviários e os da área agrícolas. Existem vários tipos de pistão como, pistão de dupla ação, pistão de simples ação, pistão telescópico, etc.

O tipo de atuador que enquadrou-se no projeto o pistão simples efeito/ação apresenta na Figura 3, ou seja, o pistão tem seu movimento determinado conforme a entrada do óleo dentro do cilindro direcional de simples efeito/ação onde o retorno é por gravidade. Devido o projeto necessitar de força para elevar as peças, e no momento de abaixar a peça somente com o alívio da pressão do sistema o próprio peso da peça e a gravidade é o suficiente para esta operação, tornando desnecessário a utilização de outro tipo de pistão, como o de dupla ação que exerce força para os dois sentidos e apresenta um custo elevado.

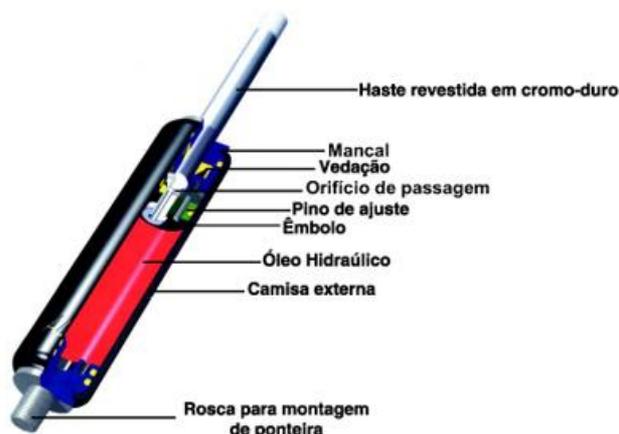


Figura 3 - Exemplo de pistão hidráulico de simples efeito/ação escolhido para protótipo. **Fonte:** OBR-EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS, 2010.

3.3 Sistema Pneumático

Para racionalizar o trabalho nos setores rodoviários e os da área agrícolas o ar comprimido vem encontrando espaço fazendo que as máquinas tenha agilidade

na operação, entretanto, o homem sempre tentou aprisionar esta força para coloca-la em serviço com objetivo de controlar o trabalho quando necessário sendo as melhores forma de eficiência de operação sem fadiga, economizando tempo, ferramentas e materiais, além de fornecer segurança no trabalho. O sistema pneumático segue o princípio da Lei de Pascal. O sistema possui a vantagem de seus atuadores serem mais velozes sendo ideal para aplicações onde necessário realizar ações rápidas, mas tem como desvantagem as limitações para grandes cargas e não é tão preciso quando comparado a outro sistema (HANNIFIN, 2007; MOREIRA, 2012).

3.4 Conjunto Hidropneumático

O conjunto hidropneumático é composto por duas partes, sendo a primeira parte um êmbolo de polietileno que faz a função de um pistão pneumático de simples ação e retorno por mola. A segunda parte apresenta um reservatório de fluido (óleo) para 2 litros, composto pelo material aço carbono e em seu interior apresenta uma gaxeta de vedação.

3.5 Válvula controladora de fluxo de ar pneumático

Essa válvula é um dispositivo mecânico utilizado para controlar o fluxo de um determinado fluido. A válvula instalada no projeto apresenta dimensões 1/4 pol e o engate pino 1/4 pol ideal para lugares que exige rapidez na operação. Um exemplo desta válvula é mostrado na Figura 4.



Figura 4 - Válvula esfera. **Fonte:** STEULA, 2018.

3.6 Mangueiras hidráulica e pneumática

A mangueira hidráulica instalada no projeto é destinada para passagem de fluido de alta pressão, revestida de borracha nitrílica possuindo excelente resistência. Consiste em um tubo de diâmetro interno de 5/8 pol e um tubo externo de 1 pol. Possui reforço de duas tramas de aço. Pressão máxima de trabalho de 4000 psi, que segue as especificações da Norma SAE 100R2 (HANNIFIN, 1997).

Existem diversos sistemas que trabalham com a utilização de ar comprimido. Um dos principais fatores relativos à composição da **mangueira de ar comprimido** é o fato de o produto ser fabricado em poliuretano flexível. Com este material, é obtida uma grande resistência, sendo assim, a **mangueira de ar comprimido** é capaz de suportar choques, elementos abrasivos e até mesmo raios ultravioletas.

4. Metodologia - Materiais e Métodos

Este projeto foi desenvolvido seguindo a metodologia referenciada por Norton (2004), denominada “Metodologia de Projeto”. Porém, para que o texto deste artigo atendesse aos padrões normativos exigidos para uma publicação desta natureza, foi necessário adequarmos a sequência dos itens da metodologia indicadas por aquela autor, seguindo então ao esquema proposto para as normas de um artigo. Assim sendo, podemos resumir as metodologias utilizadas como sendo: a) Brainstorming; b) Identificação da necessidade; c) Pesquisa de suporte (pesquisa de mercado); d) Normas regulamentadoras; e) Pesquisa bibliográfica; f) Pesquisa de materiais construtivos e processo de fabricação.

4.1 Brainstorming

Na Figura 5, por exemplo, já é apresentada a primeira solução do que seria o protótipo, fundamentada no brainstorming realizado, buscando-se entretanto outros projetos como base.

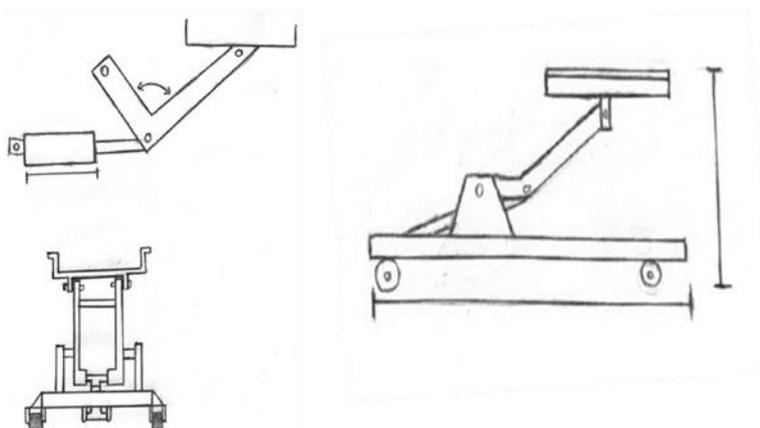


Figura 5 - Esboços de ideias iniciais do suporte hidropneumático. **Fonte:** Autores, 2018.

4.2 Definição dos materiais

Para a construção da estrutura do equipamento, verificou o uso de aço carbono, liga metálica mais largamente utilizada para construção de estruturas e equipamentos devida suas excelentes propriedades mecânicas, contendo tratamento superficial de cobertura resistente à corrosão.

Como ferro é considerado um metal ativo, necessitando quase sempre a aplicação de um método de prevenção a corrosão, usualmente na forma de revestimento metálicos ou não metálicos, orgânicos ou inorgânicos, pois contato direto com atmosfera ou qualquer outro meio contendo oxigênio, água ou umidade produz no aço carbono uma forma de corrosão generalizada, formando camadas de óxidos (BOSSARDI, FERREIRA, 2007).

Para proteção da superfície do equipamento destaca-se o revestimento por pintura epóxi, cujo objetivo é o excelente desempenho frente ao meio corrosivo, por possuir excelente resistência a ácidos, à abrasão, a álcalis, a solventes e a altas temperaturas, possuem alta dureza, flexibilidade e boa aderência (ANCHINETTI, 2012).

O equipamento suporta grandes esforços estruturais de peso no qual foi fabricado de aço carbono na Usina Da Mata S/A que forneceu o material (ASTM 1020).

O processo de soldagem MIG (metal inert gas) utiliza gás inerte como protetor, ou seja, um gás normalmente monoatômico como argônio ou hélio e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão.

O acabamento superficial das soldas MIG (metal inert gas) deve apresentar um ângulo de resistência mecânica e sem escória se usar consumível arame cobreado.

A soldagem TIG (tungsten inert gas) com eletrodo de tungstênio é um processo no qual a união de peças é produzidas pelo aquecimento e fusão destas através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio não consumível em materiais de aço inoxidável.

4.3 Análise e seleção dos materiais construtivos e processo de fabricação

Nas informações apresentadas na etapa anterior - Síntese - analisou cada tópico e parâmetro com base na Norma Regulamentadora NR - 12, com isso serão explicados a seleção conforme a análise. O processo de seleção de

propostas faz parte da metodologia aplicada ao desenvolvimento, estudo acoplado de forma a melhorar a aplicação da metodologia.

As Figuras 6 e 7 mostram o sketch do projeto, modelado no software Autodesk Inventor[®] 2016, após estudo da Norma Regulamentadora NR - 12, e respectivo *brainstorming* para esta fase do projeto.

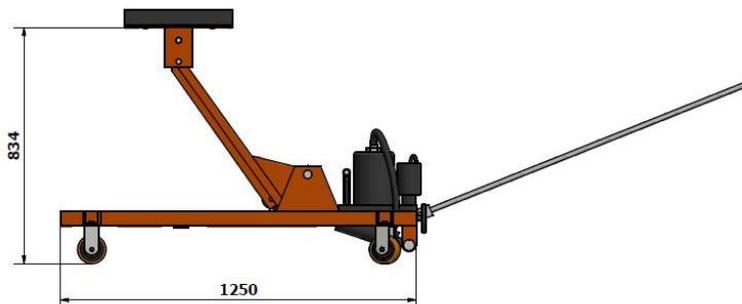


Figura 6 - Vista lateral do suporte projetada em Autodesk Inventor 2016. **Fonte:** Autores, 2018.



Figura 7 - Vista superior do suporte projetada em Autodesk Inventor 2016. **Fonte:** Autores, 2018.

4.4 Processos de Fabricação

Por uma questão de espaço, não apresentaremos aqui todas etapas desenvolvidas no processo de fabricação. Indicaremos apenas na Figura 8 o processo de soldagem.



Figura 8 - Soldagem do material. **Fonte:** Autores, 2018.

5. Resultados

Apresenta-se na sequência os resultados finais obtidos relativos especificamente em relação a montagem do protótipo final.

5.1 Protótipo finalizado

Assim, na Figura 9 apresenta-se a vista explodida em perspectiva do equipamento.

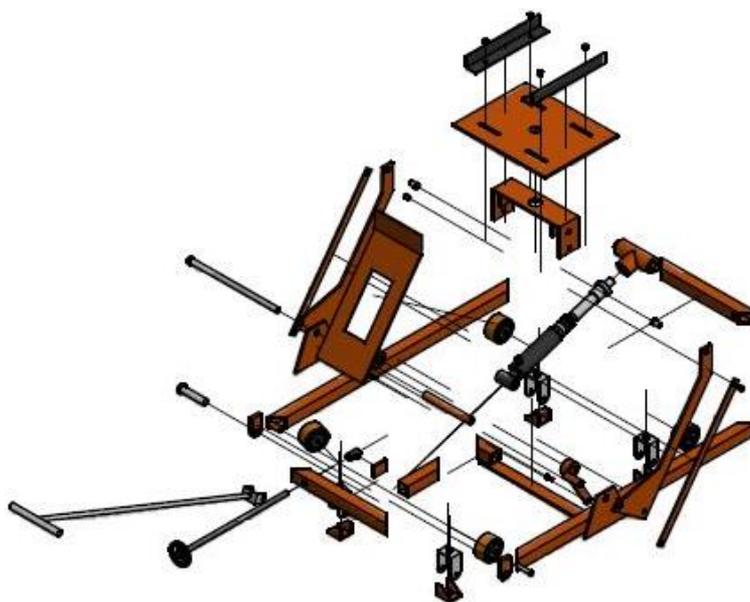


Figura 9 - Vista perspectiva explodida. **Fonte:** Autores, 2018.

Nas Figura 10 e 11 apresentam-se o projeto e foto do protótipo construído.



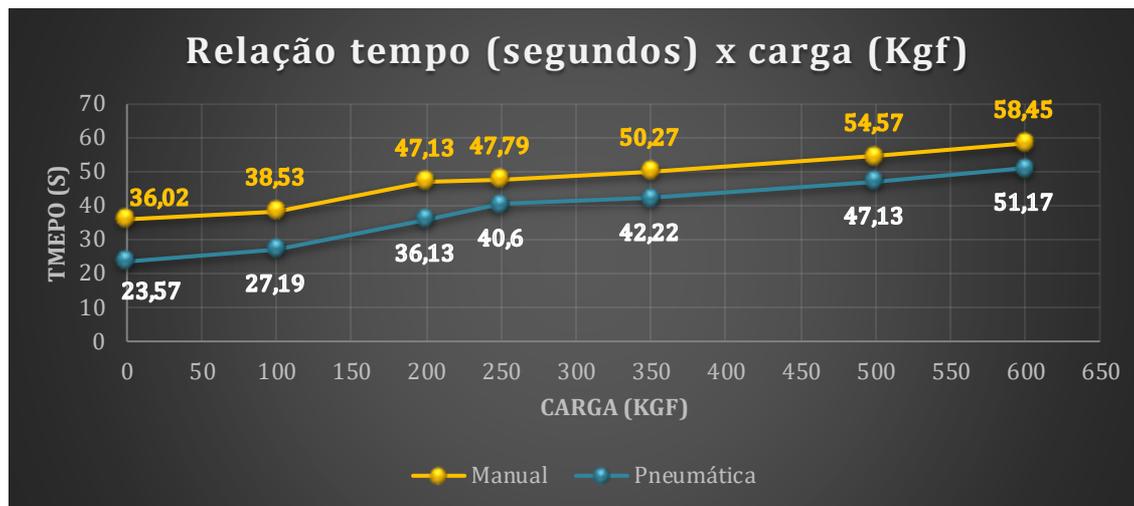
Figura 10 - Protótipo finalizado. **Fonte:** Autores, 2018.



Figura 11 - Protótipo finalizado. **Fonte:** Autores, 2018

5.2 Testes do protótipo

Foram realizados testes de elevação onde relacionou-se o tempo em que a base do protótipo atingiu sua maior altura com a carga elevada, tais resultados estão apresentados no Gráfico 1, e serão discutidos no tópico seguinte.

Gráfico 1 - Relação tempo (s) x carga (Kgf).

Fonte: Autores, 2018.

5.3 Adequação às normas técnicas: capacitação operacional

A Norma Regulamentadora NR - 12 define que os trabalhadores devem apresentar competência profissional na execução dos serviços e segurança. O profissional deve ter conhecimento dos riscos que o processo poderá obter na operação da manutenção, ou seja, parafusos de ajuste lateral, calços mal colocados se tiver necessidade, corrente ajustada, suporte da bandeja inapropriado pela dimensão da peça, etc. No item 12.135 da NR - 12 *Capacitação* diz que trabalhadores envolvidos na operação, manutenção, inspeção e demais intervenções em máquinas e equipamentos devem receber capacitação providenciada pelo empregador e compatível com suas funções, que aborde os riscos a que estão expostos e as medidas de proteção existentes e necessárias, nos termos desta Norma, para a prevenção de acidentes e doenças (BRASIL, 2018).

O protótipo apresenta rodízios e mangueiras seguindo a Norma de segurança NR - 12. Os rodízios articulados apresentam trava de segurança, conforme item 12.12. da norma. Já a mangueira de pressão hidráulica apresenta indicação da pressão máxima de trabalho admissível especificado pelo fabricante, conforme item 12.79., também da norma. Tais detalhes podem ser constatados nas Figuras 9 e 10.

6. Discussão dos Resultados

Ao comparar o custo total de produção do protótipo com os valores dos equipamentos atuais de mercado, é evidente que a construção do equipamento atingiu um custo superior, porém esse custo é justificado pelos benefícios proporcionados pelo mesmo, já citados anteriormente. Outro benefício, quando comparado aos modelos atuais de mercado, é a maior capacidade de elevação, sendo de 1000 Kgf e isso possibilita a realização de serviços com peças que possuem uma massa maior, sem aumentar o esforço físico realizado pelo operador, já que o acionamento do equipamento é realizado através de um simples movimento de abertura da válvula de fluxo de ar.

Em relação aos testes efetuados, conforme apresentado no Gráfico 1, tais testes foram realizados com os dois sistemas de acionamento presentes no equipamento (manual e pneumático). Conforme o Gráfico 1, é notável a diferença entre os tempos de acionamento conforme as cargas, com uma diferença média de 9,25 segundos. Vale ressaltar que, como o sistema acionamento manual (fonte de energia mecânica), através de uma bomba manual, depende a ação humana, quanto maior for a carga a ser elevada, maior será a força a ser aplicada para elevação e o tempo para cada carga irá variar. Já o sistema de acionamento pneumático (fonte de pressão de ar pressurizado), através de um compressor, não irá ter variação de tempo para cada carga aplicada, devido à pressão fornecida pelo compressor ser constante. Porém, ao variar a pressão exercida pelo compressor, dentro de sua faixa de operação permissível, o tempo de elevação também irá variar, pois, quanto maior a pressão fornecida, menor será o tempo de elevação, conforme cada carga a ser elevada. Nos testes realizados, utilizou-se o compressor da marca MOTOMIL, modelo CMV 15/175 - 3HP, no qual forneceu uma pressão de 90 psi.

7. Conclusões

Com o sistema de acionamento por ar pressurizado, reduz-se drasticamente os esforços realizados quando comparado ao sistema de acionamento por energia mecânica, minimizando os riscos ergonômicos oferecidos nessa atividade.

Após a concepção, projeto e construção do equipamento e ainda a realização dos respectivos testes apresentados, conclui-se que o objetivo

proposto foi atingido. A construção do equipamento para manutenção em câmbios de linha pesada, enfatiza a importância da “Metodologia de projetos” (NORTON, 2004) com o intuito de aplicar os conhecimentos teóricos e práticos aprendidos durante a graduação em Engenharia Mecânica, para a produção de máquinas.

O protótipo apresentou bom funcionamento e transcendeu as expectativas iniciais do trabalho, elevando e resistindo às altas cargas aplicadas em sua base.

Sugere-se, para trabalho futuros, a confecção de outras formas de base, com os formatos ideais para as superfícies de cada peça a serem realizadas as manutenções. Isso favorece com o encaixe perfeito, evitando o risco de acidentes, e até mesmo o risco de danificar a peça. Já foram projetadas 3 bases diferentes (conforme páginas 33, 34 e 35 do apêndice II), que servirão para: retirada de caixa de grupo da transmissão, retirada e instalação de eixo dianteiro de tratores agrícolas (TDA) e por fim, a retirada e instalação da redução final de tratores agrícolas.

8. Referências Bibliográficas

ANGHINETTI A. B. *Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias*. 2012. Monografia do curso de especialização em construção civil de engenharia da universidade federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG.

BRASIL. Norma Regulamentadora 12 - NR-12, de 14 de maio de 2018. *Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos*. Diário Oficial da União. Brasília - DF, 15 maio. 2018.

BOTEGA L. *Projeto macaco hidráulico para caixa de câmbio para caminhões*. 2012. Monografia do curso de graduação em engenharia mecânica da faculdade Horizontina – FAHOR. Horizontina – RS.

BOSSARDI K., FERREIRA J. Z. *Tratamentos superficiais para o aço carbono: nanotecnologia como alternativa ao fosfato de zinco*. 2007. Dissertação de mestrado para engenharia da faculdade federal do rio grande do sul. Rio Grande do Sul - RS.

GOMES M. R., ANDRADE M., FERRAZ F. *Apostila de hidráulica*. Centro federal de educação tecnológica, Santo Amaro - BA. 2008.

HANNIFIN P. *Mangueiras, Conexões e equipamentos*. Catálogo 4400 BR. Parker FluidConnectors, Jacareí - SP. 1997.

HANNIFIN P. *Tecnologia pneumática industrial*. Apostila M1001-1 BR. Parker Training, Jacareí - SP. 2007.

MOREIRAI. S. *Sistemas hidráulicos industriais*. 2ª edição. S. Paulo - SP: Ed. SENAI, 2012.

MOREIRAI. S. *Sistemas pneumáticos*. 2ª edição. S. Paulo - SP: Ed. SENAI, 2012.

NETTO et al, J. M. A. *Manual de hidráulica*. 8ª edição. S. Paulo - SP: Ed. Edgard Blucher LTDA, 1998.

NORTON R. L. *Projeto de máquinas: uma abordagem integrada*. 2ª edição. Porto Alegre - RS: Ed. Bookman, 2004.

OBR - Equipamentos Industriais. *Controladores hidráulicos*. 2010. Disponível em:< <http://www.obr.com.br/molaagas-controladores>>. Acesso em 27 de outubro de 2018.

PÉREZ J. A. L. *Controle robusto de força em atuadores hidráulicos aplicando a teoria de realimentação quantitativa*. 2012. Dissertação do programa de pós-graduação em engenharia de automação - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

SCHWARTZ C. *Modelagem e análise de um dispositivo de amortecimento de fim de curso auto-ajustável para cilindros hidráulicos*. 2004. Dissertação para mestrado em engenharia mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

STEWART H. L. *Pneumática & Hidráulica*. 3ª edição. S. Paulo - SP: Ed. Hemus, 2002.

SILVA D. C. M. *Mundo Educação*. 2018. Disponível em:< <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/prensa-hidraulica.htm>>. Acesso em 27 de outubro de 2018.

Exoesqueleto para membros inferiores

Exoskeleton for lower limbs

Chaira Parpinelli Ferreira¹
Débora da Costa Gandra
Erick Vinicius Demarque Scarpim
Lincon M. T. Kawaguishi Junior
Marcio Cristiano da Silva Narcizo
Mike Vinicius de Souza
Edval Rodrigues de Viveiros²
Rodrigo de Andrade Simon³
Fernando Alves Henrique Benedito⁴

RESUMO

Segundo os indicadores estatísticos nacionais, temos no país aproximadamente mais de 1.500.000 pessoas com deficiência incapacitante dos membros inferiores. Mas o que tem sido mais alarmante é que em apenas 10 anos no Brasil, a quantidade de pessoas com sequelas de acidentes de trânsito multiplicou por 20, incluindo-se nesta estatística as incapacidades dos membros inferiores. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um equipamento, denominado “exoesqueleto”, que auxilia tanto no processo de reabilitação, como também permite o indivíduo realizar a marcha, ou caminhada. Equipamentos desta natureza já existem no mercado internacional, entretanto, seu custo é de alguns milhares de dólares, o que praticamente inviabiliza sua aquisição num país com o contexto socioeconômico brasileiro. Neste sentido, o projeto de exoesqueleto aqui apresentado foi projetado para atingir um baixo custo final. Como resultado, conseguiu-se construir um protótipo funcional, relativamente leve, e ainda com materiais baratos e altamente confiáveis, robustos e com grande eficiência técnico-operacional. Destaca-se ainda que este projeto foi uma ação acadêmico-científico na qual priorizou-se a interação entre as áreas de Engenharia e Fisioterapia, caracterizando desta maneira uma abordagem metodológica transdisciplinar, que inclusive está se ampliando para outras disciplinas como a Medicina.

Palavras-Chave: Exoesqueleto, Biomecânica, Robótica Assistiva.

¹ Acadêmicos do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

² Orientador, Físico, docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

³ Co-orientador, Engenheiro da Computação, docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

⁴ Co-orientador Fisioterapeuta, Engenheiro Mecatrônico, Orientador de Estágio do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

ABSTRACT

According to national statistical indicators, we have approximately 1,500,000 people with incapacitating lower limbs. But what has been most alarming is that in just 10 years in Brazil, the number of people with sequelae of traffic accidents multiplied by 20, including in this statistic the disabilities of the lower limbs. The objective of this research was to develop an equipment, called "exoskeleton", which assists both in the rehabilitation process, as well as allows the individual to carry out walking or walking. Equipment of this nature already exists in the international market, however, its cost is several thousand dollars, which practically makes it impossible to acquire it in a country with the Brazilian socio-economic context. In this sense, the exoskeleton design presented here is designed to achieve a low final cost. As a result, we have been able to build a relatively lightweight functional prototype, as well as cheap and highly reliable materials, robust and with great technical-operational efficiency. It is also worth noting that this project was an academic-scientific action in which the interaction between the areas of Engineering and Physiotherapy was prioritized, characterizing in this way a transdisciplinary methodological approach, which is even expanding to other disciplines such as Medicine.

Keywords: Exoskeleton, Biomechanics, Assistive Robotics.

Introdução

A palavra "exoesqueleto" significa "esqueleto externo". Na biologia, é possível encontrar animais que possuem uma estrutura externa que os protege e os fornece rigidez (por exemplo, crustáceos e insetos). Assim, este termo é utilizado na biomecânica para definir os equipamentos que vestem os indivíduos para lhes fornecer rigidez estrutural, ampliação de força, entre outras características encontradas na natureza. Por isso, nesta área da ciência e tecnologia, pode-se definir exoesqueleto como sendo um equipamento robótico constituído de um conjunto de segmentos estruturais e articulações que atuam em paralelo ao corpo humano (SOUIT e MALGUEIRO, 2012).

Os exoesqueletos podem ser classificados de acordo com o tipo de atuadores nas articulações (elétrico, hidráulico ou pneumático), ou com os membros que estão vestindo (superiores ou inferiores). Ainda é possível classificá-los pela portabilidade. Existem exoesqueletos não portáteis que são fixos a uma base externa (RUIZ, 2009), nos quais não há a necessidade, durante a fase de projeto, de reduzir massa e espaço ocupado. Os exoesqueletos portáteis são diretamente suportados

pelo usuário, exercendo forças de reação sobre a pessoa ou sobre um dispositivo móvel, como uma cadeira de rodas. O requisito mais importante no projeto deste tipo de exoesqueleto é redução de massa. Isso implica em atuadores com alta eficiência, baixo peso e pequenas dimensões, que é o caso deste trabalho. Por fim, os exoesqueletos podem ser classificados por suas aplicações: aumento das capacidades dos usuários, suporte funcional e reabilitação.

Revisão bibliográfica

O uso de exoesqueletos está bastante focado para pessoas vítimas de lesões na coluna vertebral. A lesão na medula espinal é uma grave síndrome incapacitante neurológica que se caracteriza por alterações da motricidade, sensibilidade superficial e profunda, que produz distúrbios neurovegetativos dos segmentos do corpo, localizados abaixo da lesão. A paraplegia envolve os membros inferiores e a tetraplegia envolve os quatro membros (GREVE e AMATUZZI, 1999). Os cuidados ótimos para esse tipo de paciente demandam uma equipe multidisciplinar de elementos treinados, que saibam trabalhar em conjunto, buscando a interação necessária na busca de resultados.

A preocupação com a reabilitação dos pacientes portadores de lesão de medula espinal é muito recente na história do desenvolvimento da Medicina. Apenas nas últimas cinco décadas a reabilitação médica se desenvolveu, trazendo como consequência a melhora significativa na qualidade de vida dos pacientes acometidos.

Foi a partir da Segunda Guerra Mundial, na Inglaterra, que o Dr. Donald Munro e Sir Ludwig Gutman iniciaram um trabalho de assistência e pesquisa na área da reabilitação do portador de lesão medular. Estes trabalhos pioneiros trouxeram como contribuição a melhor compreensão dos mecanismos fisiopatológicos da lesão, sistematização da abordagem terapêutica na fase aguda e tardia da doença e tratamento adequado das complicações urinárias, deformidades osteoarticulares e úlceras de pressão.

Tetraplegia e Paraplegia:

A paraplegia é uma diminuição ou perda da função motora e/ou sensitiva nos segmentos torácico, lombar ou sacral (exceto o segmento cervical) da medula

espinal, decorrentes de elementos neurais internos do canal medular. Na paraplegia, a função dos membros superiores é preservada, mas, dependendo do nível da lesão, o tronco, membros inferiores e órgãos pélvicos podem estar envolvidos.

A tetraplegia indica diminuição ou perda da função motora e/ou sensitiva nos segmentos cervicais da medula espinal decorrentes de lesão dos elementos neurais internos do canal medular. A tetraplegia acarreta diminuição da função dos membros superiores, bem como no tronco, membros inferiores e órgãos pélvicos. Este termo não abrange lesões de plexo braquial ou de nervos periféricos localizados fora do canal medular.

As causas para tetraplegia e paraplegia variam de trauma a tumores, mielite transversa e esclerose múltipla. O trauma que pode causar tetraplegia e paraplegia geralmente é decorrente de acidente com veículos motores, e provoca lesão aguda na medula espinhal, frequente por fragmentos de ossos de fraturas vertebrais.

Ainda que muitas pessoas paraplégicas possam caminhar em algum grau, muitas dependem de cadeira de rodas ou outras medidas de apoio. Impotência e vários graus de incontinência urinária e fecal são muito comuns em paraplégicos.

Em pessoas tetraplégicas, embora o sintoma mais óbvio seja a paralisia dos membros, também há a perda ou prejuízo do controle urinário e fecal, função sexual, digestão, respiração e outras funções automáticas.

A apresentação de um exoesqueleto para caminhada em pacientes tetraplégicos ficou internacionalmente conhecida quando, em 2014, na Copa de Futebol FIFA no Brasil, Juliano Pinto, de 29 anos, utilizou o equipamento para caminhar alguns passos e dar o chute inicial da competição que ironicamente ficaria marcada na lembrança dos brasileiros não por este feito científico notável, mas, infelizmente pela péssima campanha do scratch canarinho.

Excetuando-se o fato de que o principal pesquisador deste exoesqueleto, o neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis (Universidade de Duke, EUA), poderia sensibilizar ainda mais o comitê científico do Prêmio Nobel com este experimento ao vivo, em termos técnicos-científicos, qual foi realmente o grande feito nesta demonstração do exoesqueleto? Na verdade, a resposta está exatamente no tipo de controle do equipamento, realizado por intermédio de um dispositivo denominado 'interface cérebro-máquina' (*brain-machine interface - BMI*). Para se ter ideia da

complexidade disto, para que este exoesqueleto funcionasse adequadamente, contou com a participação técnica de aproximadamente 160 pessoas, entre cientistas e técnicos, levou quase 2 anos para ser desenvolvido, e teve uma verba de R\$ 33 milhões de reais.

Esta história apenas ilustra o quão significativo e importante é esta área de pesquisa e desenvolvimento em Ciência básica, aplicada e translacional (quando os resultados de um campo científico são aplicados em outro). E também coloca em evidência a necessidade de aprofundar estudos e pesquisas na Engenharia Mecânica, envolvendo desde o projeto mecânico, as técnicas de automação, até a aplicação da biomecânica, que reúne conhecimentos anatômicos e fisiológicos, bem como conhecimentos fisioterápicos e médicos em ortopedia, neurologia e outros campos da saúde.

Faremos uma breve síntese analítica a respeito de alguns parâmetros técnico-operacionais utilizados no projeto de um exoesqueleto. Contudo, devido à relativa quantidade de material bibliográfico na área, focalizaremos essas considerações no trabalho de Rupal e colaboradores (2017) intitulado “Lower-limb exoskeletons: Research trends and regulatory guidelines in medical and non-medical applications”, um trabalho quase na categoria de ‘estado da arte’ sobre o tema, onde podemos encontrar no artigo as respectivas referências bibliográficas sobre cada um dos exoesqueletos ali mencionados.

Inicialmente, destacamos que levaremos em consideração para esta análise, apenas os exoesqueletos categorizados como de uso médico que, de acordo com a Figura 1, pode ser subdividido nas subcategorias: a) para paraplégicos; b) para reabilitação; c) para amputados/deficientes; d) para compensação.

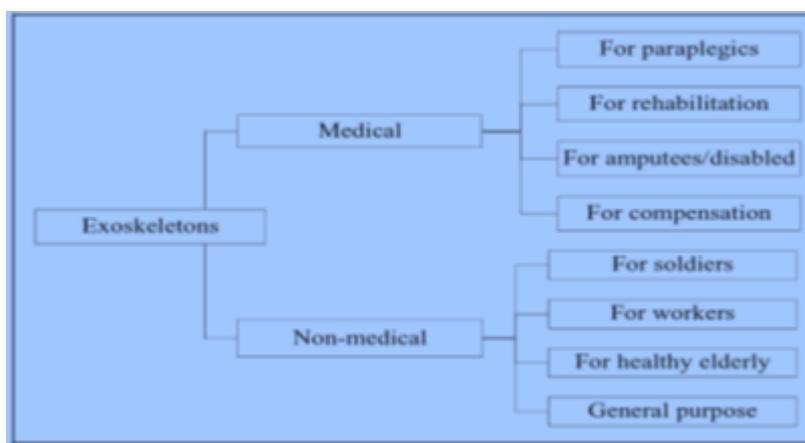


Figura 1 - Tipos de exoesqueletos. Fonte: adaptado de: Rupal et al. (2017).

Um dos parâmetros mais importantes em um exoesqueleto refere-se ao sistema de atuadores utilizados, sendo que a maioria utiliza motores, quer sejam motores de corrente contínua (CC ou DC), com ou sem escovas (*brushless motors*). Mas temos também a opção de controle interno de motores ser do tipo “*step-motor*” (motor de passo), “*servo motor*” (servomotor ou servomecanismo). Também já existe empresas especializadas no desenvolvimento de ‘juntas motorizadas’ específicas para uso em exoesqueletos de membros inferiores, como é o caso do produto desenvolvido pela empresa suíça Maxon®, conforme mostrado na Figura 2.



Figura 2 - Junta atuadora para exoesqueleto. Fonte: Maxon.

Chama a atenção que uma solução deste tipo é de altíssimo custo para o padrão socioeconômico no atual contexto brasileiro, onde a taxa de impostos sobre produtos importados chega a dobrar o valor inicial em dólar ou euro.

Também encontra-se exoesqueletos que utilizam sistemas hidráulicos e pneumáticos. Nestes tipos de projeto, em geral o exoesqueleto é empregado de maneira fixa, normalmente em estações de reabilitação e fisioterapia, onde o equipamento permanece instalado. É o caso, por exemplo, do exoesqueleto da marca Hocoma®, denominado “Lokomat” (Figura 3). Atuadores hidráulicos e pneumáticos são quase sempre mais indicados para projetos onde se exige maior robustez operacional, como é o caso deste exoesqueleto mencionado, já que o aparelho deve estar preparado para trabalhar num regime de várias horas por dia.

Além disto, atuadores hidráulicos e pneumáticos, para exoesqueletos onde exige-se a mobilidade do usuário, necessitaria de fonte ou suprimento externos, como no caso de cilindros ou reservatórios de ar, na situação dos pneumáticos, o que torna esta solução um tanto quanto inviável.

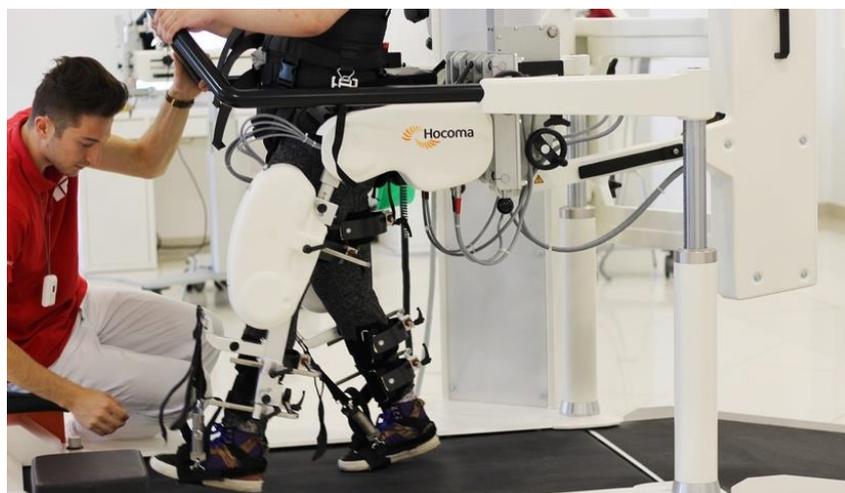


Figura 3 - Exoesqueleto para uso clínico, modelo Lokomat, da marca Hocoma.

Fonte: Hocoma.

Por outro lado, soluções hidráulicas podem ser utilizadas em mecanismos onde não se exigirá fonte externa de pressão (no caso, óleo). É o caso, por exemplo, do exoesqueleto da conceituada marca norte-americana Ekso[®], sendo que o modelo da Figura 5 é uma versão mais compacta, indicada para caminhada em pacientes com paraplegia. Outro modelo da mesma marca, utiliza-se um sistema com atuador do tipo hidráulico, conforme mostrado detalhe na Figura 4, Este sistema mecânico-hidráulico é semelhante aos amortecedores ou pistões instalados em portas.

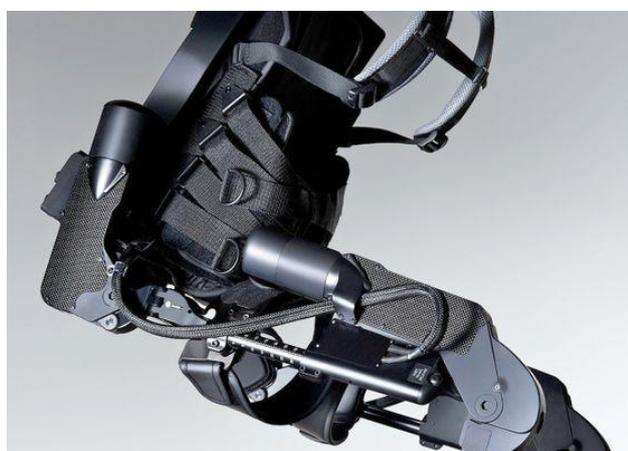


Figura 4 – Detalhe de atuador hidráulico “tipo pistão”. Fonte: Eksobionics.



Figura 5 – Exoesqueleto de caminhada da marca Ekso Bionics . Fonte: Ekso Bionics.

Abordando agora outro importante item de um exoesqueleto, que é o acionamento da estrutura. Para isto, existe uma categoria de exoesqueletos que utiliza o paradigma de controle neural para acionamento (dos motores, e conseqüentemente de todo funcionamento biomecânico da caminhada), fazendo uso de uma BMI. É o caso do exoesqueleto NeuroRex[®], que utiliza uma BMI não invasiva, que traz a vantagem de não necessitar de implante cerebral invasivo. Porém, segundo Lee et al (2016), o equipamento tem um *delay* (atraso na resposta) de 4 segundos para responder ao comando de ‘virar’, e 8 segundos para o comando de ‘caminhar’, tempos estes muito longos para movimentos considerados básicos e essenciais para uma boa mobilidade do paciente, principalmente dependendo das condições do ambiente e do piso.

Nesta mesma linha de exoesqueleto controlado por BMI, mas trabalhando com outro paradigma, o equipamento da marca “Mindwalker[®]” utiliza um sistema de captação do sinal do EEG (Eletroencefalograma), convertido através de sinais musculares, ou miolétricos (EMG - Eletromiograma). No caso, de acordo com La Scaleia e colaboradores (2014), os sinais elétricos são captados a partir da região dos ombros do paciente (deltoide), correlacionando e combinando estes impulsos com os sinais elétricos musculares de braços e pernas durante o processo da caminhada (associação entre a região cervical e a lombo sacral).

Apesar de que os exoesqueletos que utilizam BMI serem exceção (principalmente por causa das dificuldades técnicas e custo), este tipo de exoesqueleto permite trabalhar-se o chamado “paradigma da neuroplasticidade”, pois pode combinar técnicas de treino de *“imageria mental”*, “biofeedback”, utilização de realidade virtual e realidade aumentada e outras técnicas. Um estudo desta natureza foi apresentado por Donati e colaboradores, (2016), do grupo coordenado pelo neurocientista Miguel Nicolelis, já mencionado anteriormente, e que obteve êxito na recuperação parcial dos movimentos de pacientes paraplégicos.

Há também exoesqueletos que além de executarem a função básica da caminhada, também é desenvolvido para ser utilizado como terapia de reabilitação. É o caso do equipamento da marca ExoAtlet®, que possui 90 kg de massa, trabalha com atuadores elétricos, utiliza sensores de EMG (eletro-miográficos ou eletro-musculares) e de torque para controle. Também é projetado para subir e descer escadas, o que não é algo comum em todos modelos ou marcas de exoesqueletos.



Figura 6 – Exoesqueleto Exoatlet. Fonte: Exoatlet.

Metodologia – Materiais e Métodos

Para a realização do projeto houve a necessidade da aplicação de diversas metodologias, dependendo da fase de desenvolvimento do mesmo:

- a) **Definição e elaboração conceitual do projeto:** *Trandisciplinaridade, Brainstorming, Breefing, Design Thinking*, Matriz Morfológica (PAZMINO, 2015): esta etapa envolveu metodologias de criação e design em Engenharia e Fisioterapia. A abordagem “transdisciplinar” foi a primeira metodologia

utilizada, pois o foco foi justamente utilizar a Engenharia e a Fisioterapia para solucionarem um problema em comum, no caso, o projeto de construção de um protótipo (ou *mockup*) do exoesqueleto. Outra metodologia fundamental foi o “*Design Thinking*”, através da qual definiu-se as necessidades do usuário para o projeto, ou seja, um tipo de perfil de paciente. A metodologia “Matriz Morfológica” definiu os parâmetros e itens técnicos que o projeto deveria ter; realizar uma pesquisa exploratória (que envolveu levantamento bibliográfico) para escolha dos tipos e modelos de equipamentos pesquisados ou já fabricados disponíveis no mercado. Para esta definição, focou-se no referencial teórico oferecido pela pesquisa de estado da arte desenvolvida por Rupal e colaboradores (2017), sendo que foram analisados aproximadamente 30 projetos diferentes.

- b) **Modelagem computacional e cálculos:** nesta etapa foram desenvolvido os desenhos técnicos do equipamento, de maneira detalhada, realizada diversas modelagens (software “Solid Works®”), acompanhadas dos respectivos cálculos necessários, como: determinação da tensão de von Mises (relacionando parâmetros de resistência dos materiais); cálculo de fator de segurança (que estipula limites de carga – peso – que determinado material suporta, sob certas condições operacionais); cálculo de engrenagens (determinação de relação para conseguir determinado valor de torque) e outros.

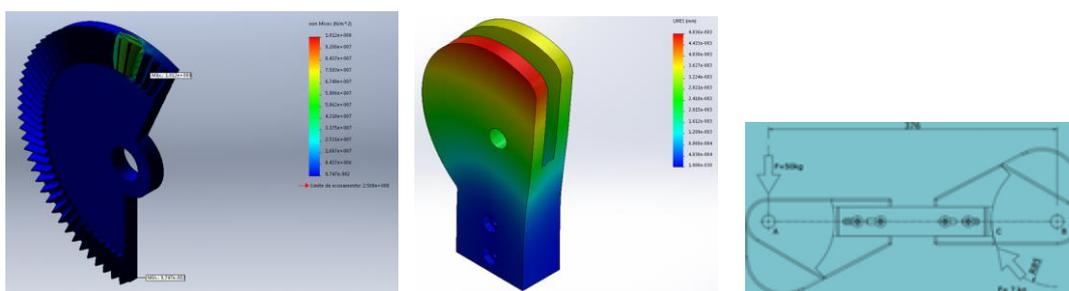


Figura 7 – Modelagem computacional das peças e respectivas análises matemáticas de parâmetros para otimização de procedimentos operacionais. Fonte: autores.

- c) **Fabricação e prototipagem em impressora 3D:** nesta fase do projeto, tratou-se de fabricar as respectivas peças que fariam parte do projeto,

excetuando-se apenas os componentes de automação e controle. Os processos de fabricação utilizados para as partes metálicas foram: corte, furação, dobra, fresagem, solda, polimento/acabamento (Figuras 8 e 9). Para as engrenagens utilizou-se a prototipagem na impressora 3D, utilizando-se para isso o polímero ABS (ou PLA).

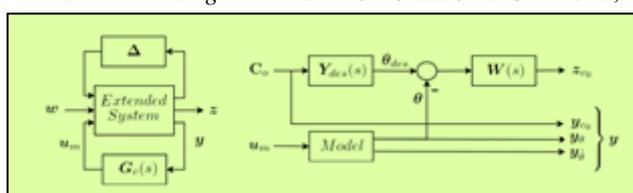


Figura 8 – Processo de corte, furação e dobragem. Fonte: autores.



Figura 9 – Processo de fresagem, soldagem e acabamento. Fonte: autores.

- d) **Automação e controle:** esta fase consiste em planejar, projetar, calcular e construir todo sistema necessário para o funcionamento do exoesqueleto, que inclui a concatenação entre os atuadores (motores de passo NEMA 23), drive de controle destes motores, fonte de alimentação para os motores, unidade central de processamento (no caso foi utilizado a plataforma Arduino Mega, microcontrolada), sensores, controle remoto para controle do exoesqueleto. Para isto, um Diagrama de Blocos é projetado, explicitando matematicamente e operacionalmente o funcionamento do sistema de



automação (Figura 10).

Figura 10 – Diagrama de Blocos do sistema de automação. Fonte: Adaptado de Menga e Ghirardi (2018).

- e) **Estudo goniométrico, antropométrico e biomecânico da marcha:** embora em todas as demais metodologias tivessem sempre a participação e co-orientação de profissionais da área de Fisioterapia, entretanto, nesta etapa sua participação foi mais decisiva. Inicialmente realizou-se as medidas antropométricas de uma pessoa real (possível paciente para o exoesqueleto, pessoa do sexo feminino, idade 56 anos, massa de 55 kg.), conforme mostrado na Figura Assim, o estudo goniométrico parametrizou a ação e respectivos ângulos de amplitude para os movimentos dos membros inferiores.

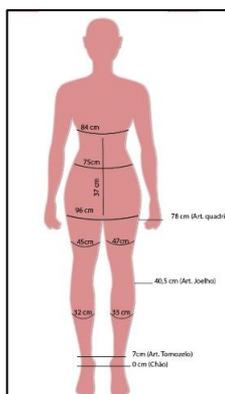


Figura 11 – Medidas reais de paciente usuário do exoesqueleto. Fonte: autores.

Também realizou-se com os próprios componentes do grupo de acadêmicos, um estudo da marcha humana. Este estudo é fundamental, principalmente para que o pessoal técnico das Engenharias (no caso, Engenharia Mecânica) tenha a precisa compreensão sobre toda a complexa biomecânica envolvida no processo da marcha humana, conhecimentos estes que se estivessem ausentes simplesmente inviabilizariam completamente a otimização de vários parâmetros técnicos operacionais do exoesqueleto. Um exemplo disto é a biomecânica de funcionamento do pé humano.

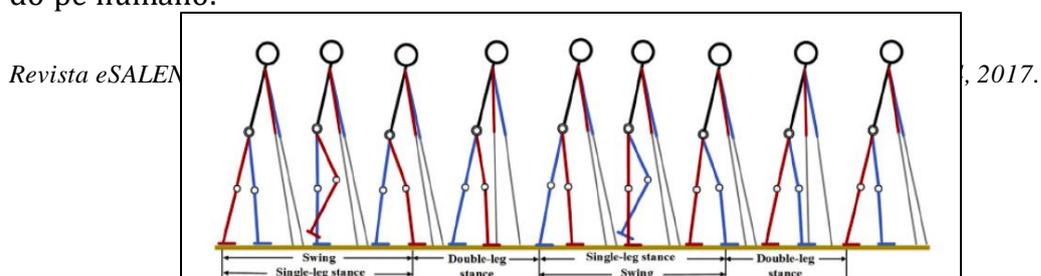


Figura 12– Fases do movimento, notando-se um apoio (tipo bengala), para paciente com paraplegia. Fonte: Chen et al, 2017.

Resultados e análise dos resultados

Os resultados serão subdivididos em três categorias: a) Prototipagem e fabricação mecânica; b) Automação e controle do exoesqueleto; c) Estudo biomecânico. Na sequência, apresenta-se também resultados decorrentes de uma análise de compatibilidade técnica, com base na Norma ISO 13482.

a) Resultados da prototipagem mecânica do exoesqueleto

Na Figura 13 mostra-se um dos lados do exoesqueleto montado.



Figura 13 - Exoesqueleto Montado - Fonte: Autores

Sistema de engrenagens

Durante o primeiro teste com o funcionamento dos motores e consequente acionamento do conjunto mecânico (incluindo as engrenagens) ocorreu o rompimento de várias destas peças (Figura 14). Este problema aconteceu devido ao processo inadequado de prototipagem (fabricado numa impressora 3D, construídas com o polímero ABS - *acrylonitrile butadiene styrene*), pois utilizou-se apenas 60% de preenchimento na “malha” da peça como um todo, incluindo os dentes da engrenagem. A “malha” é um parâmetro técnico possível de ser ajustável.



Figura 14 - Peças que se romperam após primeiro teste. Fonte: Autores alteração do material de impressão, de ABS para PLA (ácido polilático), assim como a porcentagem de preenchimento da peça, sendo agora fabricada com 100% de malha. O resultado final já testado e aprovado está mostrado na Figura 15.



Figura 15 - Exoesqueleto pronto. Fonte: Autores

Ressalta-se que desde o início tinha-se como objetivo que este protótipo tivesse baixo custo, mas com grande robustez e eficiência técnica. Assim, optou-se por fabricar as partes principais prototipadas em material denominado ABS, específico para fabricação em impressora 3D, em função do baixo custo deste material, além da grande facilidade atualmente na prototipagem, pois utiliza uma impressora com custo acessível.

Suporte de articulação – perna do exoesqueleto.

Esta parte faz o papel das articulações dos joelhos, sendo a interface ou junção entre a parte inferior da perna – fêmur - (finalizando no tornozelo e pé) e o que seria

a coxa. É uma peça articulável, tanto quando se realiza o movimento da marcha, quanto na ação de levantar ou sentar do usuário do equipamento. Devido à necessidade de não comprometer a integridade da estrutura (como fissura por compressão, cisalhamento e também desbasamento devido ao movimento excêntrico) no furo quase central da parte semicircular, foi inserido um anel de bronze, para suportar a força realizada durante o movimento, além de servir como também para tolerar a “força peso” estática (resultante da ação da gravidade sobre a massa do usuário, somada com a massa do equipamento) sobre a estrutura. Isso significa que principalmente ao movimentar a estrutura, esta parte não pode ser torcer (demonstrando assim boa “resistência à torção”, ou flambagem).

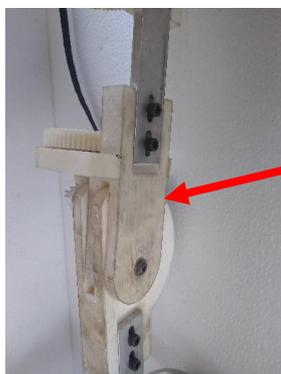
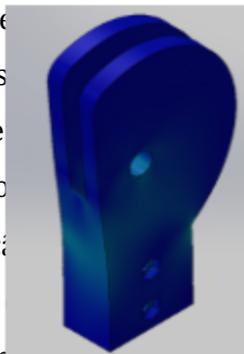


Figura 16 – Detalhe do suporte de articulação (joelho). Fonte: autores.

O resultado final (teste dinâmico do exoesqueleto) mostrou-se absolutamente satisfatório.

Sistema de transmissão – acoplamento de engrenagens/motor

Este sistema acopla diretamente os respectivos motores de passo às engrenagens de transmissão. Isto significa, em termos físicos, um possível problema estrutural, já que o torque (força aplicada em função de um ‘braço de alavanca’ ao se efetuar uma força rotativa), imprime componentes vetoriais deste derivativo da “força” ao próprio acoplamento. Se o ajuste entre o eixo do motor e a engrenagem primária não for bem realizado (por exemplo, ocorrendo folgas), ou também desalinhamento do eixo do motor com o eixo da estrutura (no caso, a própria haste que simula o fêmur do exoesqueleto), poderemos ter o comprometimento dos dentes das respectivas engrenagens (primária e secundária). No caso aqui considerado, constatou-se perfeito ajuste nestas peças, resultando em eficiência e eficácia operacionais. Na Figura 17 vemos ambas engrenagens (primária e

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.



secundária) acopladas, sendo que a engrenagem primária recebe diretamente o eixo do motor de passo (transmissão de torque).

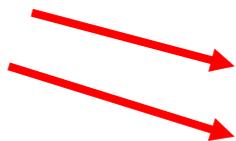


Figura 17 – Acoplamento da engrenagem secundária (maior) e engrenagem primária (menor). Esta última acopla-se diretamente ao eixo do motor. Fonte: autores.

Na Figura 18 observa-se o detalhe do alinhamento entre o eixo do motor e a estrutura (haste da estrutura). A engrenagem menor (primária) é a que executa maior esforço mecânico (ou torque), transmitindo assim força para acionamento do sistema mecânico.

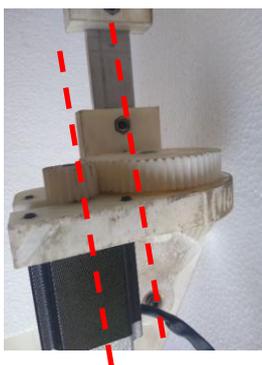


Figura 18– Detalhe de alinhamento dos eixos engrenagem-motor-estrutura. Fonte: autores.

Buchas de fixação – parafusos de regulagem

Como já mencionado, devido ao fato das peças terem sido fabricadas em material considerado um polímero amorfo, certos cuidados foram tomados no sentido de garantir a integridade da estrutura como, por exemplo, o uso de buchas nos furos onde os parafusos seriam fixados, ou onde teríamos porcas fixas na própria estrutura. Na Figura 19 é mostrado o suporte da articulação, tendo na sua parte superior, dois parafusos engastados no próprio material polimérico.

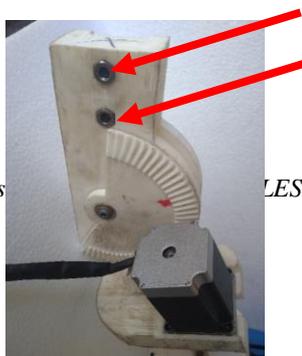


Figura 19 – Detalhe das porcas fixadas na estrutura polimérica do suporte de articulação, ressaltando a presença de bucha interna. Fonte: autores.

Já na Figura 20 visualiza-se a presença dos parafusos rosqueados neste mesmo tipo de peça.



Figura 20 – Detalhe dos parafusos fixados na estrutura em ABS. Fonte: autores.

Na Figura 21 apresenta-se mais um conjunto de elementos fixadores, ainda engastados no polímero ABS mas, entretanto, tendo um elemento de alumínio preso ao mesmo, formando uma haste de acoplamento fixo (simulando parte da coxa do usuário). Importante destacar que esta haste, eventualmente, poderia ter seu comprimento alterado, possibilitando assim que as dimensões de comprimento do exoesqueleto fossem alteradas, de acordo com o tamanho do paciente, contudo, esta solução não foi implementada.

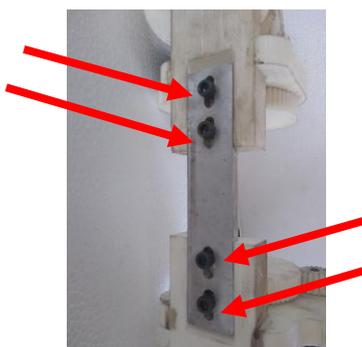


Figura 21 – Acoplamento linear entre a haste da estrutura (parte da coxa) e o polímero ABS, fixados por parafusos. Fonte: autores.

Sistema tornozelo – pé

Este sistema, aparentemente simples, possui certo grau de complexidade, podendo conferir maior ou menor conforto ergonômico ao usuário. Contudo, para este projeto, optou-se não utilizar nenhum “sistema elástico” para simular a articulação do tornozelo

com o pé. E também optou-se em não utilizar material com sistema de amortecimento para a sola do pé do exoesqueleto. Assim, o sistema utiliza apenas sua funcionalidade de movimentação, por intermédio do acoplamento de buchas entre a estrutura metálica que sustenta o pé, e este, conforme mostrado na Figura 22.



Figura 22 – Eixo de giro do pé. Fonte: autores.

Esta solução não se mostrou funcional, justamente porque esta peça ficando solta pode prejudicar o próprio funcionamento do pé biológico do usuário, já que oferecendo nenhuma força resistiva, a articulação do tornozelo da pessoa fica completamente 'solta'.

b) Resultados da automação do exoesqueleto

Nesta parte dos resultados, apresenta-se parcialmente o processo de automação do exoesqueleto, que consiste, basicamente, em duas fases: a) levantar e sentar; b) caminhada (ou marcha). Na Figura 23 vemos o exoesqueleto e as peças de automação prontas para sua utilização.



Figura 23 - Exoesqueleto com inicialização da Automação - Fonte: Autores

Na Figura 24, é apresentado um dos lados do exoesqueleto em movimento após acionamento para a posição de “sentar” (ou “levantar”), sendo considerado bem sucedido este teste.



Figura 24 - Exoesqueleto na posição sentar - Fonte: Autores

c) Resultados do estudo antropométrico - biomecânico: registro de movimentos de sentar, levantar e marcha humana

Foi necessário gerar um algoritmo computacional para análise do movimento angular de MMII (membros inferiores) e tronco nos movimentos de sentar, levantar e da marcha humana. Para a realização do presente estudo foi utilizada uma câmera, um suporte tripé para a câmera; para análise das imagens foram utilizados os softwares Vegas Pro 12.0 da *Sony Creative Software Inc.*, e o ImageJ 1.50i do *National Institute of Health* - NIH.

O método consiste na análise dos *frames* da movimentação humana em relação à marcha e o ato de sentar e levantar.

De forma parcial, os dados encontrados referentes aos ângulos em cada momento das ações de levantar, caminhar e sentar, foram tabelados e construídas tabelas de angulações para cada articulação (tornozelo, joelho, quadril e inclinação de tronco). Isto possibilita a formulação de algoritmos (também conhecido como ‘rotinas computacionais’), que poderiam ser implantados na automação dos motores, produzindo assim como resultado final mais segurança aos pacientes que utilizarem tais órteses assistivas. Nas Figuras 25 vemos o registro da marcha, que produziram a respectiva análise. É notável que a fragmentação dos ângulos dos movimentos propostos contribui e fundamenta a constituição de dados para o processo de automação de órteses mecânicas, onde o algoritmo matemático gerado pode ser decomposto de forma minuciosa, garantindo maior segurança ao usuário. (CARVALHO; VIVEIROS; BENEDITO, 2018).



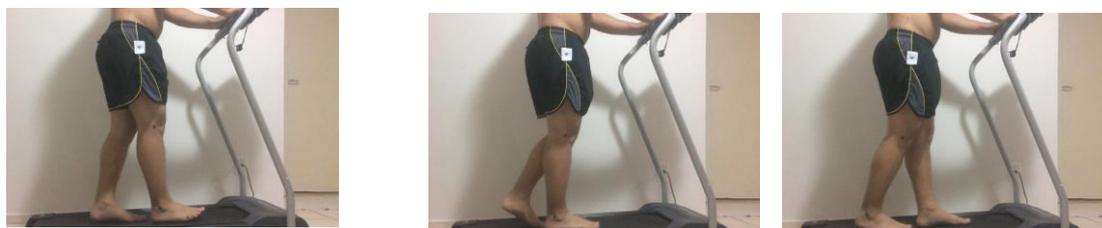
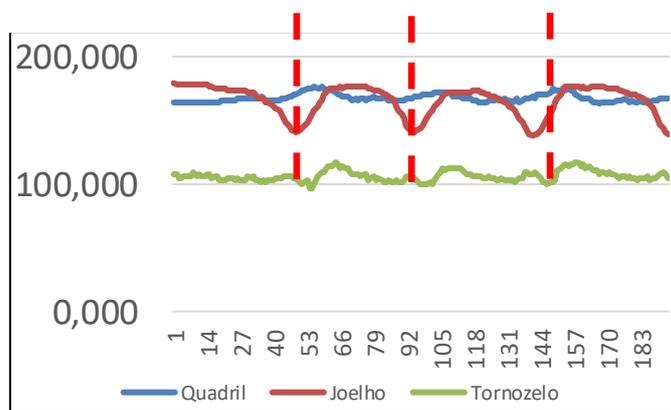


Figura 25 – Análise da marcha humana. Fonte: Autores.

No Gráfico 1 visualiza-se o resultado final da dinâmica da marcha, respectivamente para o quadril, joelho e tornozelo. Observa-se que o quadril apresentou pouca oscilação. Já movimento do joelho apresenta um comportamento oscilatório (tipo cosseno), mas com uma fase de platô persistindo por período de tempo considerável, e depois a fase de depressão abruptamente decaindo. Interessante observar que a parte da curva nos pontos de “mínimo” do tornozelo coincide com as mesmas partes de “mínimo” da curva do joelho (linhas tracejadas em cor vermelha).

Gráfico 1 - Registro e análise da marcha dos movimentos angulares.



Fonte: Autores.

Análise das ações de “levantar/sentar”

Nas imagens abaixo (Figura 26) temos o registro da ação de levantar/sentar.

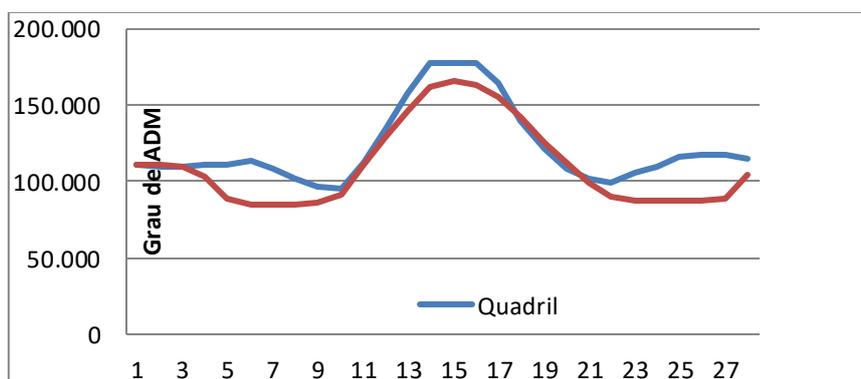




Figura 26 - Movimentos de sentar e levantar. Fonte: Autores.

A partir da análise chega-se ao Gráfico 2, constatando-se também um comportamento do tipo ‘quase’ oscilatório para o movimento do quadril (semelhante à uma “senóide de meia-onda”).

Gráfico 2 - Registro das ações de levantar/sentar.



Fonte: Autores.

Eventualmente, estes tipos de análises realizadas pela equipe de Fisioterapia (assim como outros métodos) poderiam fundamentar vários critérios para personalização de equipamentos desta natureza, ou também fornecer embasamento para se desenvolver padrões universais.

Avaliação dos resultados segundo critérios e padrões internacionais – baseado no Padrão ISO de certificação de qualidade

Os dispositivos robóticos, incluindo-se os exoesqueletos, já estão sendo normatizados internacionalmente, sendo que uma das principais normas neste sentido é ditada pela ISO 13482, intitulada “*Robots and robotic devices – Safety requirements for personal care robots*” (ISO, 2014). Será utilizada esta norma para realizar uma análise dos Resultados obtidos, principalmente pensando-se que projetos desta natureza possam futuramente ter como objetivo atingir patamares técnico-científico e industriais “nível internacional”.

Assim, para este projeto, assinalou-se nos itens abaixo em negrito, itálico e sublinhado os itens **considerados atendendo à Norma ISO 13482**. Então, como exemplo, o exoesqueleto desenvolvido não produz qualquer tipo de “Emissão eletromagnética ou elétrica”, nem tampouco produz ou está sujeito à “Interferência eletromagnética”. Também convém mencionar que o protótipo não possui “Contato com peças ou dispositivos soltos”, quer dizer, todas as peças do equipamento estão devidamente afixadas na estrutura, não havendo peças ou dispositivos soltos.

Para isto, a norma especifica uma série de requisitos que os robôs devem cumprir, subdivididos nas seguintes categorias:

1) Medidas protetivas

Carregamento de bateria, Fornecimento e ou acumulação de energia, Processo de ‘star-up’ ou ‘restart’, Controle de Potencial eletrostático, ***Emissões (eletromagnéticas, elétricas etc.)***, ***Interferência eletromagnética***, ***Stress, postura e uso***, Movimento inadequado, Durabilidade insuficiente, Procedimentos incorretos relacionados com ações e decisões, ***Contato com peças ou dispositivos soltos***, ***Afetado por condições do ambiente***, Possíveis erros nos processos de navegação e localização.

2) Controle de sistemas

Para esta categoria, assinalou-se os itens que o exoesqueleto deste projeto **possui ou está devidamente projetado ou previsto**, também destacando o item em negrito, itálico e sublinhado. Os itens gerais são:

Requisitos de segurança e performance mensurados por ensaios, ***Dispositivo de parada do equipamento***, ***Definição de limites para operação em determinados tipos de espaços***, Itens de segurança sensorizados pelo ambiente, Estabilidade de

controle, Dispositivo de proteção singular (própria, específica), ***Design de interface de usuário***, Flexibilidade nos modos operacionais, ***Dispositivos controlados manualmente***.

Também comentando itens **que o projeto não possui**, como a “Estabilidade de controle”, principalmente do controle de equilíbrio do exoesqueleto. Aliás, este item é um parâmetro que poucos exoesqueletos possuem.

Outro item que o projeto não dispõe é “Itens de segurança sensorizados pelo ambiente”. No caso, uma necessidade seria o sensoriamento do nível de rugosidade do piso, assim como o sensoriamento do tipo de piso. Se tal sensoriamento estivesse presente, poderíamos ter uma caminhada mais confortável, porque é claro que um piso como uma grama ou terra é completamente diferente de uma cerâmica, e mesmo entre as cerâmicas existem aqueles pisos mais lisos.

Assim, comentando alguns itens **que o projeto possui**. No exoesqueleto projetado e construído foi-se precisamente desenvolvido a partir do conceito de “Design de interface de usuário”, ou seja, foi um equipamento pensado especificamente para o tipo de situação ou de usuário para o qual o aparelho será empregado, distinguindo-se assim, o uso clínico (ambiente de reabilitação), do uso pessoal (para marcha ou caminhada). Também foi desenvolvida a solução na automação, limitando a velocidade dos motores e desenvolvendo uma rotina de segurança para impedir eventuais falhas que poderiam causar problemas do tipo aumento repentino da velocidade dos motores, o que obviamente produziria alteração na velocidade da caminhada (item “Definição de limites para operação em determinados tipos de espaços”).

Em resumo, pode-se afirmar que o projeto e protótipo possuem uma quantidade considerável de itens estabelecidos pela Norma ISO 13482, o que confere ao projeto considerável confiabilidade e possível trânsito em relação aos critérios internacionais de segurança.

Entretanto, em vários itens importantes ainda há grande distância em relação aos quesitos internacionais. Destacamos ainda que a Norma ISO 13482 refere-se a dispositivos robóticos não-médicos, e para estes itens existem outras normas. Além disto, também existem normas específicas para outros itens do

projeto, como a parte elétrica da automação. No entanto, não foi o objetivo aqui aprofundar neste assunto, bastante complexo.

Conclusão e considerações

Em relação ao êxito de construção do exoesqueleto, diversos pontos devem ser salientados:

- 1) Inicialmente, cumpriu-se absolutamente o objetivo principal, que foi projetar o exoesqueleto. Ou seja, o projeto aqui apresentado não foi cópia de nenhum outro projeto similar existente, muito embora existam soluções semelhantes, devido que atualmente muitas instituições e empresas no exterior estão desenvolvendo tais equipamentos, o que vem fazendo com que certos tipos de soluções técnicas sejam reproduzidas;
- 2) De maneira inédita, este estudo demonstrou a possibilidade de se desenvolver um exoesqueleto com polímeros específicos para impressão em 3D, no caso o PLA (ou ainda o ABS). Apesar de existirem pouquíssimos “*sketch*” (ou desenho) de alguns exoesqueletos, não encontrou-se nenhum projeto pronto, ou seja, fabricado para comercialização com estes materiais. Este fato por si só coloca em evidência um paradigma de “*design*” da Engenharia moderna, principalmente o atual conceito de 4^a. Revolução Industrial (ou Indústria 4.0), que é a integração de soluções dentro de uma mesma plataforma operacional, mas sempre envolvendo diversos saberes ou áreas do conhecimento;
- 3) Neste sentido, demonstrou-se a necessidade de interações do tipo transdisciplinar no contexto de cursos superiores, uma vez que isto: a) agrega valor aos trabalhos acadêmicos desenvolvidos, comprovando maior grau de maturidade técnica-científica em relação aos ‘produtos’ finais resultantes tanto de pesquisa básica (como a Iniciação Científica), quanto dos próprios “Trabalho de Conclusão de Curso” (TCC); b) desenvolve, amplia e aperfeiçoa os respectivos ‘*expertises*’ da equipe participante (docentes e acadêmicos), elevando o patamar teórico, conceitual e experimental dos projetos, já que a relação de conhecimento do tipo ‘transdisciplinar’ é uma prática atualmente utilizada por disciplinas e profissões como a Medicina; c) posiciona os

projetos num nível 'vertical' de inserção social, à partir do momento que fica demonstrado que o resultado dos TCCs estão mais próximos da realidade do mundo empresarial, comercial e industrial. Ou seja, mostra que os trabalhos acadêmicos estão cada vez mais atendendo às necessidades do mercado;

- 4) Ficou patente que muitos pontos técnicos, tanto da parte específica da engenharia quanto da aplicabilidade ou funcionalidade terapêutica ou de reabilitação em relação ao uso do exoesqueleto, necessitam ser trabalhados, para se chegar a um protótipo e produto final, quer no nível de modificação e ajuste, quer no nível de aperfeiçoamento. Apesar disto, como analisado anteriormente, o projeto aqui apresentado atendeu diversos critérios de qualidade internacionais, como a norma ISO 13482.

Bibliografia e Referências bibliográficas

AUTO ESPORTE (1964), disponível em <https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2017/12/funcionarios-da-ford-testam-exoesqueleto-em-linha-de-producao.html> acesso 18 ABRIL 2018.

[BARDIN, Laurence. *L'Analyse du contenu*. Paris: PUF, 1977.](#)

BLOG FISIOTERAPIA (2016), disponível em <http://blogfisioterapia.com.br/fisioterapia-na-paraplegia> acesso em 15 ABRIL 2018.

CHEN, Jianhua; UM, Xihui; DU, Chen. Biomechanics analysis of human lower limb during walking for exoskeleton design. *Journal of Vibroengineering*, 19(7):5527-5539 · November 2017.

CHEN, Bing; ZHONG, Chun-Hao ; ZHAO, Xuan ; MA, H. L.; GUAN, Xiao; LI, Xia; LIANG, Feng-Yan ; CHENG, Jack C. Y.; QIN, Ling ; LAW, Sheung-Wai; LIAO, Wei-Hsin. A wearable exoskeleton suit for motion assistance to paralysed patients. *Journal of Orthopaedic Translation*. Vol.11, October 2017, Pages 7-18. 2017.

CYBERDYNE (2018), disponível em https://www.cyberdyne.jp/english/products/LowerLimb_medical.html acesso em: 15 ABRIL 2018.

[DEL-AMA AJ1; KOUTSOU AD; MORENO JC; DE-LOS-REYES A; GIL-AGUDO A; PONS JL. .Review of hybrid exoskeletons to restore gait following spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Research Dev.*;49\(4\):497-514. 2012.](#)

EKSO BIONICS (2011), disponível em <https://eksobionics.com/eksohealth/products/> acesso em 15 ABRIL 2018.

[E-MILITAR \(2016\), disponível em http://www.emilitar.com.br/blog/exoesqueleto-uma-grande-tecnologia-para-os-militares/>acesso em 15 ABRIL 2018.](#)

GREVE, Júlia Maria D'Andrea; AMATUZZI, Marco Martins. ***Medicina de Reabilitação Aplicada à Ortopedia e Traumatologia***. 1ª ed. São Paulo: Editora Roca Ltda, 1999.

HUBERTUS, Colpaert. ***Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns***. 4.ed. São Paulo: Blucher, 2008.

IBGE (2010), disponível em <https://www.ibge.gov.br/>acesso 18 ABRIL 2018.

JORNAL ESTADÃO (1995), disponível em <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,em-fabrica-da-fiat-operarios-e-exoesqueletos,70002150839> (18 ABRIL 2018).

ISO. International Standard. ***ISO 13482-2014: Robots and robotic devices -- Safety requirements for personal care robots***. Geneva, Switzerland .2014.

[LEBEDEV, M.A.; NICOLELIS, M.A. Toward a whole-body neuroprosthetic – Chapter 3. *Progress in Brain Research*. Volume 194, p. 47-60, 2011.](#)

Manual de Goniometria – medição dos ângulos articulares. ACEGS. Disponível em <http://acegs.com.br/wp-content/uploads/2016/06/MANUAL-DE-GONIOMETRIA-FINAL.pdf>. Acesso em 03 de agosto de 2018.

MCRBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Editora Novatec, 2011

MENGA, Giuseppe. GUIRARDI, Marco. Lower Limb Exoskeletons for Rehabilitation with Improved Postural Equilibrium. **Robotics**, 7(2), 28, 2018.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: começando com Sketches**. 1.ed. Porto Alegre: Brookman, 2013

MOTT, Robert L. **Elementos de máquina em projetos mecânicos**. 5ª edição. São Paulo: Pearson, 2015.

MOURA e SILVA, Elcinete W. e Priscila A.C. **Aspectos clínicos e práticos da reabilitação**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Ltda., 2005.

PATSKO, Luís Fernando. **Tutorial Controle de Motor de Passo**. Disponível em: <http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_motor_de_passo.pdf> acesso em: 19 OUT 2018.

PAZMINO, Ana Verônica. **Como se Cria - 40 Métodos para Design de Produtos**. São Paulo: Blucher, 2015.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. **Design de interação: além da interação humano-computador**. 3ed. São Paulo: Bookman Editora, 2013.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **Sistemas de Automação**. Disponível em: <http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo_sistemas_automacao.php>. Acesso em: 16 OUT 2018.

PROVENÇA, Francesco. **Mecânica Aplicada I e II**, São Paulo: Editora: Pro-Tec, 1985.

RUPAL, Baltej Singh; RAFIQUE, Sajid; SINGLA, Ashish; SINGLA, Ekta; ISAKSSON, Magnus; VIRK, Gurvinder Singh. Lower-limb exoskeletons: Research trends and *Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.*

regulatory guidelines in medical and non-medical applications. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, November-December, 1-27, 2017.

SAITO, Y; KIKUCHI, K; NEGOTO, H, et al. Development of externally powered lower limb orthosis with bilateral-servo actuator. In: *Proceedings of the 2005 IEEE 9th international conference on rehabilitation robotics*, Chicago, IL, USA, 28 June-1 July 2005, pp. 394-399. IEEE. 2005.

SPUTNIK BRASIL (2018), disponível em <https://br.sputniknews.com/defesa/201711249917359-eua-exoesqueleto-soldados-forca-extra/>> acesso 25 MAIO 2018

TECMUNDO (2018), disponível em <www.tecmundo.com> acesso 21 NOVEMBRO 2018

TECNOBLOG (2018), disponível em <www.tecnoblog.com> acesso em 21 NOVEMBRO 2018.

USSD. United States Department of Defense (9 November 1949). MIL-P-1629 - *Procedures for performing a failure mode effect and critical analysis*. Department of Defense (US). MIL-P-1629. United States of America, 1949.

VICENTE, Chiaverini. *Tecnologia mecânica*. 2.ed. São Paulo: McGraw – Hill, 1978.

Inversor de Frequência para Ar Condicionado

Frequency Inverter for Air Conditioner

Lucas Matheus de Carvalho Soares¹

Luiz Fernando Silva Santos¹

Renan Inacio Rocha¹

Yuri Oliveira Amorim¹

André Luiz Miyahara Takahashi²

RESUMO

Este artigo apresenta o projeto e desenvolvimento de uma placa de potência e comando que tem por objetivo realizar o controle da velocidade do motor do sistema de ar condicionado. O emprego do inversor de frequência em equipamentos de ar condicionado possibilita o controle da velocidade nos motores, permitindo também controlar, com maior precisão e eficiência, a vazão, a temperatura e a pressão. Outra importante vantagem obtida é a redução da corrente de partida por meio do emprego de tiristores de potência, os quais possibilitam a partida suave dos motores por meio do controle de tensão. Correntes de partida com menor amplitude resultam em um menor desgaste mecânico, evitando a redução precoce da vida útil do motor.

Palavras-Chave: aparelhos de ar condicionado, inversores de frequência, tiristores de potência.

ABSTRACT

This article presents the project and development of a power board aiming to command and control the air conditioning motor's speed. The use of frequency inverters in air conditioning systems allows to control the motor's speed, allowing to control flow, temperature, and pressure with higher precision and efficiency. Another important advantage is the reduction of the inrush current due to use of power thyristors. Lower inrush currents result in a lower mechanical wear, which avoids an early reduction of motor's service life.

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

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

Keywords: air conditioning systems, frequency inverters, power thyristors.

Introdução

Ha muito tempo o ar condicionado vem se tornando comum no dia-a-dia das pessoas. De forma que em dias muito quentes, ou em locais com grande aglomeração de pessoas, seu uso seja de extrema importância, para uma boa temperatura ambiente.

Desta forma, juntamente com a comodidade e a necessidade do uso do ar condicionado, temos o consumo de energia, que em alguns aparelhos são muito elevados, devido a sua tecnologia ultrapassada e muitas vezes por o aparelho não possuir a devida eficiência energética. Devido a esse fator projetamos um inversor de frequência que vai possuir a tecnologia necessária para controle e redução do consumo de energia e tudo isso por um preço menor.

Devido ao aumento da tarifa de energia, por causa da crise econômica, tem-se então a necessidade tanto a economia de energia como a um controle de eficiência energética tornem-se um objetivo a ser atingido.

A utilização de um inversor de frequência vai agir na redução do consumo energia, através do controle de velocidade do motor. O inversor irá acelerar ou desacelerar tal motor, não deixando de lado o controle da temperatura e ao mesmo tempo possibilitando uma gestão de energia mais eficiente.

Material e método

Método

O desenvolvimento do trabalho consiste em:

- I. **Pesquisa bibliográfica:** Consiste na pesquisa de artigos científicos e livros sobre inversores de frequência, seu modo de controle de potência e desenvolvimento de circuitos.
- II. **Simulação de circuito:** Através de software de circuito impresso (PROTEUS ®), são realizadas simulações para avaliar o funcionamento do circuito eletrônico.
- III. **Aquisição de componentes:** A partir dos resultados das simulações, faz-se

a aquisição dos componentes.

IV. **Montagem do protótipo:** Com as simulações e os componentes em mãos, inicia-se a construção do protótipo.

Proteus

É importante citar a simulação do circuito que foi feita através de software de circuito impresso (proteus), por meio dele que simulamos todo o funcionamento do circuito e desenvolvemos separadamente a placa de potência e de comando, viabilizando o custo de manutenção.

Podemos citar também sua importância quanto a sua compatibilidade em aceitar a linguagem de programação escolhida, para testes de funcionamento do circuito antes de sua montagem.

A seguir na figura 1, temos a placa de potência com seu esboço feito através do software proteus.

A placa de potência é alimentada por uma tensão de 220 V_{CA} trifásica, a qual será convertida para uma tensão de 315 V_{CC} monofásica, utilizando a ponte retificadora e capacitores para alimentar os IGBT's, que têm a função de amplificar a potência gerada para o motor do compressor.

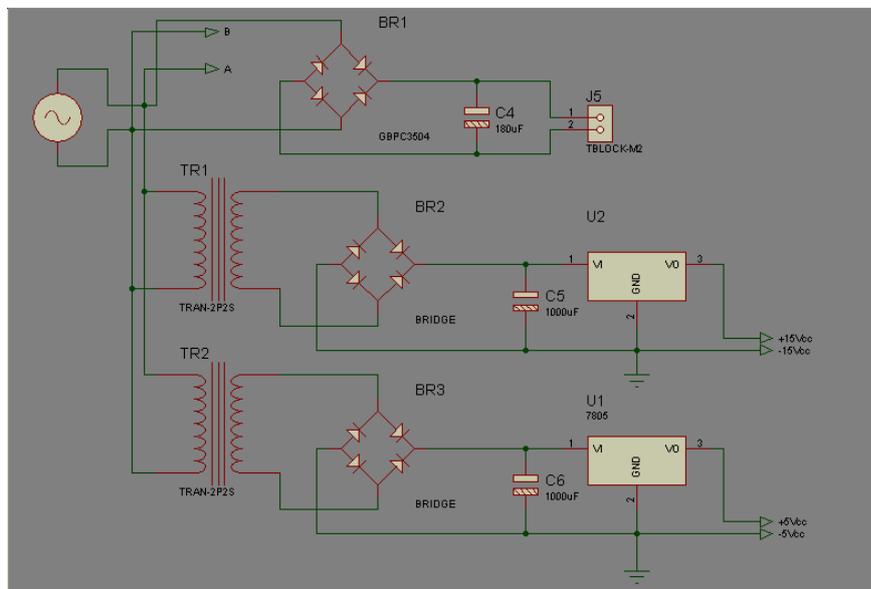


Figura 1: Layout Placa de Potência.

Fonte: Autores.

Tivemos a necessidade de desenvolver uma placa para realizar o controle do IGBT, criamos uma lógica para que em seu resultado final seja gerada uma tensão CA que possua os pré-requisitos necessários para o funcionamento do motor.

Esse procedimento necessita de vários componentes para dar início ao modo IRAM, entre eles:

- Chave on-off ligar e desligar o circuito
- Oscilador a cristal de 20MHz para o clock do microcontrolador.
- LED de indicando quando a placa é ligada
- Resistores vários tipos para limitar a corrente
- 2 botões para acionamento do inversor.
- Potenciômetro irá variar rotação do motor.
- 6 opto-acopladores que vão atuar nas saídas do microcontrolador
- Microcontrolador modelo 18F2431
- Bornes de conexão entre a placa de controle e a placa de potência.
- Display de LCD 2 linhas por 16 colunas

A placa será alimentada por 5 volts da placa de potência. De modo que os 5 volts vão alimentar o microcontrolador, opto-acopladores e o display LCD. Abaixo na figura 2, segue o protótipo da placa de comando montado no Proteus.

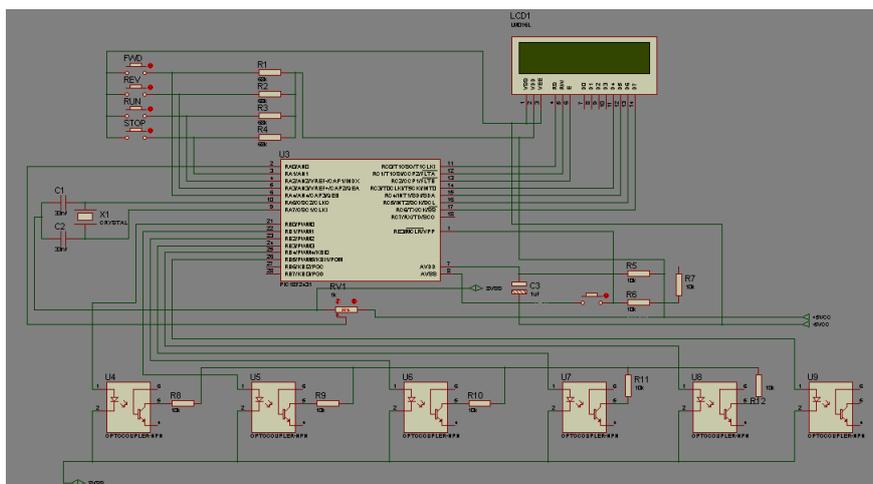


Figura 2: Layout Placa de Comando.

Fonte: Autores.

Fluxograma do Programa

Ao ligar o equipamento inicializa-se a rotina e a varredura da programação, definindo os nomes de input e output. Após a varredura inicia-se o programa, aguardando o sinal da entrada ON para ligar o compressor. Com os valores dos sensores lidos interpreta-se a condição necessária para uma rotação mínima, gerando uma condição satisfatória de economia energética vezes o desempenho na refrigeração.

Após o acionamento, fica no modo Loop até que seja desligado ou atinja a temperatura programada pelo longo tempo ou menor que a mesma.

A seguir temos o fluxograma representando a lógica usada para a programação nas figuras 3 e 4.

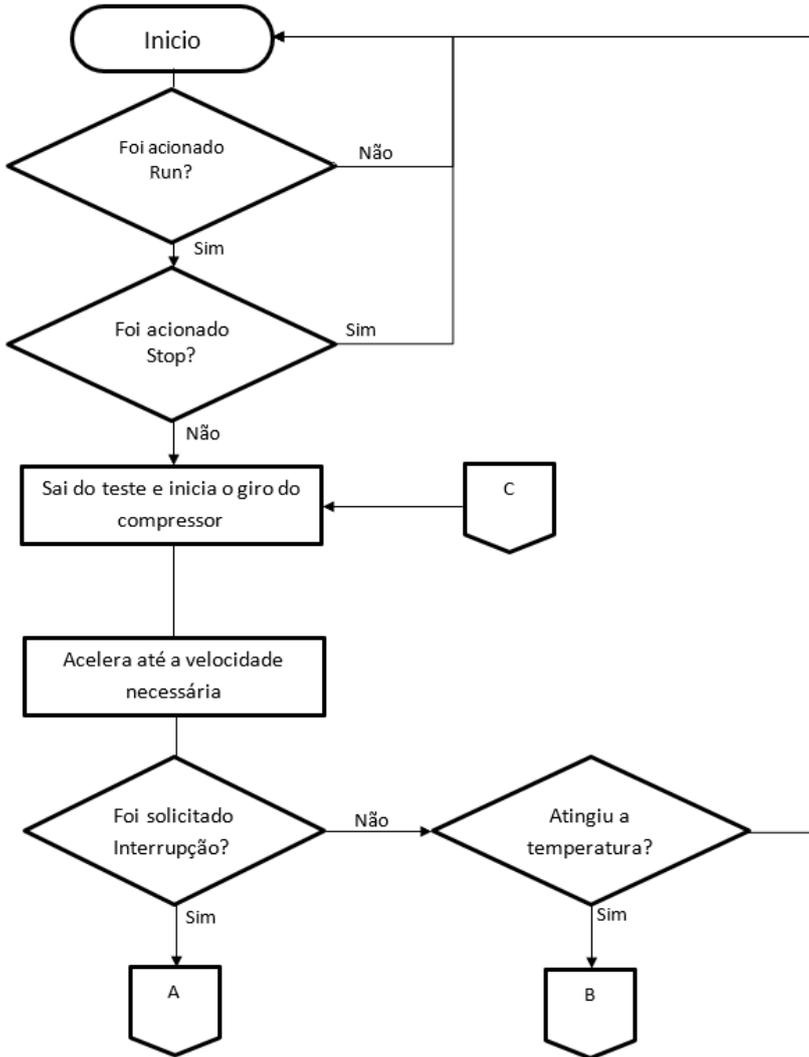


Figura 3: Fluxograma do programa - parte I

Fonte: Autores.

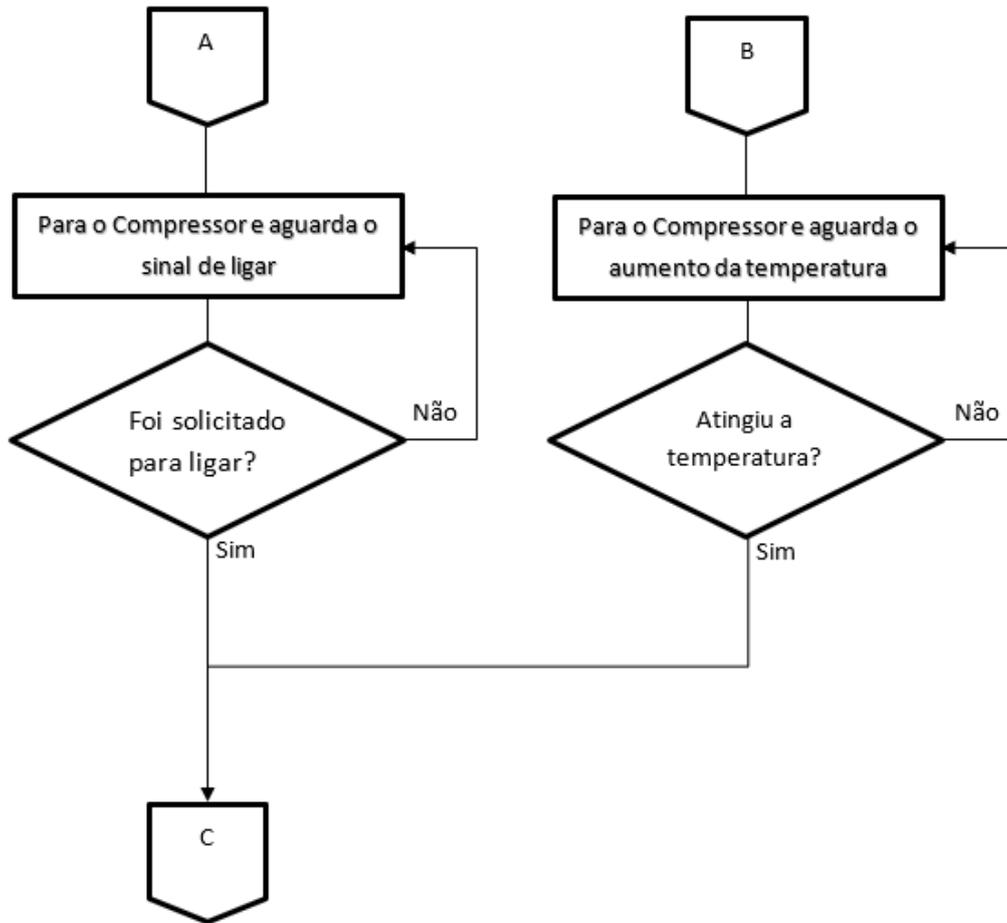


Figura 4: Fluxograma do programa - parte II

Fonte: Autores.

Materiais

Inversor de Frequência

Com a necessidade de mudanças de velocidade constantes em aparelhos de ar condicionado, passaram a ser utilizados os inversores de frequência, os mesmos começaram a ser utilizados para o controle de velocidade de motores, tendo como benefícios uma grande redução no consumo de energia por tornar suave os solavancos de partida, reduzindo assim os picos de partida direta e dando uma durabilidade maior ao motor dada a redução nos desgastes mecânicos.

Também são chamados de conversores de frequência, tem a função de converter a tensão da rede alternada, que tem forma de onda senoidal, em uma

tensão contínua e, por fim, convertê-la numa tensão de frequência e amplitude variáveis.

A seguir, na figura 5 temos uma imagem da interface de um tipo de inversor de frequência.



Figura 51: Interface do Inversor de Frequência.

Fonte: (<https://www.eser.com.br/produto/17/weg-inversor-de-frequencia-cfw08>)

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido ao clima predominantemente quente e a necessidade de economia energética, resolvemos criar uma opção para possibilitar a instalação do equipamento aqui desenvolvido ao invés da compra de um novo aparelho.

Esse protótipo consiste em duas partes o controle e a potência, que pode ser utilizado junto ou separado, em ar condicionado oferecendo assim uma economia considerável de energia.

Tendo em vista que a implementação do inversor seja aplicada na prática, seria totalmente viável, tomando como base a nossa instituição, onde há um elevado número de ar condicionado.

Como sugestão de trabalhos futuros, propõe-se:

- Fazer a automatização dos inversores com data e horas programadas, liga e desliga;

- Criar um sistema de proteção de curtos circuitos nos IGBT's, para proteção de sobrecorrente ou aquecimento, acionando o desligamento e mostrando código de erros;
- Desenvolver tabela de falhas na refrigeração, falha de sensor, carga térmica superior a capacidade do equipamento.

REFERÊNCIAS

Ar condicionado inverter. disponível em: <<https://www.zoom.com.br/ar-condicionado/deumzoom/o-que-e-ar-condicionado-inverter>> acesso em: 10 de outubro 2017.

CHAPMAN, Stephen J. Fundamentos de máquinas elétricas: 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

Configurando um inversor. disponível em: <<http://eletricaesuasduvidas.blogspot.com.br/2014/11/configurando-um-inversor-cfw09-da-weg.html>> acesso em: 10 de outubro 2017.

Data sheet. disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39616b.pdf>> acesso em: 7 de outubro 2017.

Funcionamento de um inversor de frequência. disponível em: <<http://www.arcondicionado.refrigeracao.net/inverter-um-inversor-de-frequencia-no-ar-condicionado>> acesso em: 6 de julho 2017.

FRANCHI, Claiton M. Inversores de frequência: Teoria e Aplicações. 1. ed. São Paulo: Érica, 2008; Assunto: Elétrica. acesso em: 25 de julho 2017.

INMETRO. disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>> acesso em: 5 de outubro 2017.

Instalação de um inversor. disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/152683592/artigo-inversor-de-frequencia>> acesso em: 20 de julho 2017.

Inversores de frequência na refrigeração industrial. disponível em: <<http://www.yaskawa.com.br/wp-content/uploads/2013/07/HVAC>> acesso em: 20 de julho 2017.

Inversores de frequência para condicionadores de ar usados. disponível em: <<http://jornada.cba.ifmt.edu.br/jornada/index.php/jornada2013/jornada2013/paper/viewFile/83/41>> acesso em: 20 de julho 2017.

Máquinas de indução. disponível em : <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/391366/mod_resource/content/1/Aula%2010%20-%20Maquina%20de%20indu%C3%A7%C3%A3o%20I.pdf> acesso em: 2 de outubro 2017 .

Microchip: Datasheet microcontrolador PIC18F2431. disponível em: <<http://www.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39616b.pdf>> acesso em: 16 set 2017.

Motores de indução. disponível em:

<<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/cap4-motores-de-inducao.pdf>> acesso em: 5 de setembro 2017.

MUHAMMAD. , H. Rashid. Eletrônica de Potência. 1. ed. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1999.

WEG. Guia motores elétricos. disponível em:

<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>> acesso em: 20 de setembro 2017.

WEG. Inversor de frequência. disponível em:

<<https://www.eser.com.br/produto/17/weg-inversor-de-frequencia-cfw08>> acesso em: 16 de setembro 2017.

YEDAMALE, Padmaraja, Speed control of 3-phase induction motor using PIC18 microcontrollers, 16 de julho de 2002. disponível em: <<http://www.microchip.com/>> acesso em: 16 setembro 2017.

Vagas de estacionamento controlada por rede sem fio (via ZigBee)

Parking spaces controlled by wireless network (via ZigBee)

Norton Vinicius da Silva Souza¹

Roger Cardoso Bernardino¹

Amadeu Zanon Neto²

RESUMO

A utilização de redes sem fio nos dias de hoje tem se mostrado cada vez maior, devido à eficácia e a dispensa do gasto com cabos. O objetivo deste projeto foi automatizar o controle de vagas de estacionamento via wireless. Foram utilizados uma fonte alimentadora 12 V, resistores, conectado ao microcontrolador ATmega328, o qual ficou responsável por ler dados de sensores ultrassônicos, convertendo dados recebidos em uma distância em metros, que ao atingir um valor pré-determinado, irá enviar um sinal digital para outro ATM, sendo esse último responsável pela contagem de sinais de valor alto recebido e converter isso em sinal serial, que será transmitido por um módulo *XBee-PRO DigiMesh 900*. Um outro do mesmo *Xbp* será responsável por receber o sinal, estando conectado a outro *ATM*, que irá repassar a mensagem serial para um terceiro *ATM*, que transferirá tal mensagem para um display de LED numérico, representando a quantidade de vagas disponíveis, sendo modificada de acordo com a leitura de cada sensor.

Palavras-Chave: automação, controle de vagas de estacionamento, rede sem fio.

ABSTRACT

The use of wireless networks these days has been increasing significantly due to the efficiency and the exemption of the use of cables. The objective of this project was to automate the control of parking spaces via wireless. They were used (components) connected via ZigBee to a suspender, in which it was installed and developed a software to communicate these with an Arduino board via *Zigbee*. In this work, a prototype of intelligent parking will be presented with the aim of making life easier for drivers when parking. Thus, at the entrance of each parking hall there will be a display informing the number of places to be used. In front of each parking space, there will be a green LED indicating if the space is free, or yellow if it is for disabled people. It will be turned off if the location is busy, this way avoiding waste with LEDs of another color for this indication. At the place of the parking space, in its center, there will be an ultrasonic sensor to detect occupied waves.

Key-words: automation, control of parking spaces, wireless network.

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

² Especialista em Computação Gráfica pelo Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium. Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium Araçatuba-SP

Introdução

Atualmente, existe o inconveniente em vários estacionamentos internos de se encontrar vagas em meio à multidão de veículos. São necessários longos minutos até que se encontre um lugar para deixar seu automóvel e poder usufruir do estabelecimento em questão. Todos saem perdendo nessa demora, tanto os clientes pelo tempo que perdem nesse processo, quanto os donos de estabelecimentos, devido ao tempo despendido pelo cliente em estacionar e não em comprar.

Para resolver isso, foi proposto escolher e identificar um modo que melhor se adequaria ao problema. E desde que “[...] as técnicas que utilizam comunicação por cabeamento vêm perdendo espaço em algumas aplicações em detrimento dos sistemas de comunicação sem fio” (Santana Bezerra, 2012, p.17), decidiu-se pelo uso de uma nova tecnologia neste meio, o *ZigBee*.

ZigBee é um protocolo de comunicação sem fio que utiliza em suas camadas inferiores o protocolo IEEE 802.15.4. A nomenclatura *ZigBee* (*Zig* = trajetória, *bee* = abelha) foi criada a partir de uma analogia entre uma rede *Mesh* e o modo pelo qual as abelhas trabalham e se locomovem (Instrumentação Eletrônica sem fio, 2012).

O número de veículos por habitante em 2004 não ultrapassava a média de 7,4. Dez anos depois, essa frota já alcançou o incrível número de 4,4, cerca de 46 milhões de veículos circulando pelo País (fonte IBGE/Denatran). E como supracitado, a tendência tem se mostrado verdadeira e a frota cada vez mais aumentado, demandando não só melhorias para rodagem dos mesmos, mas também nos estacionamentos.

Em países de primeiro mundo, já existem soluções como estacionamentos verticais, onde um manobrista-robô pega o veículo em um trilho e desloca lateralmente em uma das vagas disponíveis, sendo necessário o uso de mão-de-obra apenas para operar o equipamento. Infelizmente, essa é uma realidade que ainda está distante da nossa.

De modo a basear-se num sistema com menor custo de implantação que os utilizados em países desenvolvidos, podemos nos fundamentar no controle das vagas em si ao invés de propor um manejo das vagas físicas propriamente ditas. Diferenciando-se do conhecido *Smart Parking* que já existe no Brasil, como no Shopping Morumbi na capital, nosso sistema vem com um nível a mais de economia, usando módulos *XBee* ao invés de cabeamento, diminuindo tanto o custo de instalação quanto a energia gasta para manter o sistema funcionando, devido ao baixo custo energético dos módulos.

Usando os módulos *XBee Zigbee*, que são os dispositivos sem fio que utilizam o protocolo *ZigBee* para se comunicarem entre si, teremos um raio de comunicação em torno de 1,6 km com a autonomia de meses e até anos, devido ao baixo gasto das baterias utilizadas nesse sistema proposto, além de essa comunicação sem fio poder ser estendida com módulos roteadores, funcionando como repetidores de dados, como cita o desenvolvedor do protocolo em questão.

No Brasil, o Shopping Morumbi, situado na capital de São Paulo, foi um dos primeiros na utilização desse sistema, citado como “estacionamento inteligente”. Em um futuro próximo, possivelmente os sistemas automatizados estarão presentes em todos âmbitos de nossas vidas, trazendo conforto, agilidade e segurança todos. Pensando nisso, foi proposto como objetivo desse trabalho desenvolver um sistema que indique a disponibilidade de vagas em estacionamento com a diferença em sua instalação, pois será um sistema *wireless* (sem fio). Portanto, o objetivo deste estudo foi automatizar as vagas de estacionamentos internos para facilitar e agilizar a vida dos donos de veículos, com um método sem fios, tanto para comunicação quanto alimentação do mesmo.

Material e Método

Neste protótipo, é simulado o controle de vagas de um estacionamento de forma automatizada. Um display indicará na entrada de cada corredor a quantidade de vagas disponíveis, vagas cuja disponibilidade será identificada por sensores ultrassônicos instalados na parte superior da instalação, tendo LEDs indicando a disponibilidade ou não disponibilidade no local (verde/vermelho).

Utilizando um firmware para indicar a quantidade de vagas por corredor e sinalizar através de LEDs de alto brilho a disponibilidade de cada uma das vagas.

Para que sejam detectados os veículos estacionados, será necessário um sensor ultrassônico HC-SR04, ligado a um PIC que transmitirá a informação para um módulo *XBee*, sendo este último o responsável por enviar e codificar a mensagem para a rede ZigBee. Um segundo módulo *XBee* será encarregado de receber tais informações e retransmitir para um PIC, o qual controlará um display, indicando a quantidade de vagas.

Para realização deste projeto, foi necessário usar os conhecimentos adquiridos nas matérias Eletrônica I e II, Lógica de Programação, Eletrônica Digital I e II, Sistemas de Aquisição de Dados, Laboratórios de Sistemas Digitais, Automação Industrial, Processamento Digital de Sinais, assim como bibliografias específicas sobre a transferência de dados através do uso de módulo e rede ZigBee, tal como o livro Instrumentação Eletrônica sem fio – Transmitindo Dados com Módulos *XBee Zigbee* e PIC16F877A (Jadeilson de Santana Bezerra), uso e programação do ATmega328, usando o Livro AVR e Arduino – Técnicas de Projeto (Charles Borges de Lima e Marco V. M. Villaça), assim como sites de projetos de eletrônica, fóruns de programação e artigos científicos.

Materiais

Os componentes básicos do hardware do projeto incluem: um notebook com processador Intel® Core™ i7-4510U 2.6GHz, 8,00Gb de memória RAM; microcontroladores ATmega328; módulos XBee-PRO DigiMesh 900; sensores ultrassônicos HC-SR04; transistores BC548B; resistores e capacitores; regulador de tensão LM7805; display de 7 segmentos; Arduinos na parte de testes e montagem; placas de cobre para montagem final do projeto.

Arduino

O Arduino é uma plataforma de hardware *open source* de camada simples de software implementada na placa, que é *bootloader*, e tem interface amigável para computador a utilizar linguagem *Processing*, baseada em C/C++. Esse *bootloader* dispensa programação e gravação de PIC e facilita a atualização e correção de *bugs* (SOUZA, 2011).

Software XCTU

É um aplicativo multiplataforma gratuito projetado para permitir que os desenvolvedores interajam com os módulos *Digi RF* através de uma interface gráfica simples de usar. Inclui novas ferramentas que facilitam a configuração, a configuração e o teste de módulos *XBee*®.

O *XCTU* inclui todas as ferramentas que o desenvolvedor precisa para manusear rapidamente o *XBee*. Recursos únicos, como a exibição de rede gráfica, que representa graficamente a rede *XBee* juntamente com a força do sinal de cada conexão e o construtor de quadros da API *XBee*, que ajuda intuitivamente a construir e interpretar quadros de API para *XBees*, sendo usados no modo API.

Método

Foram carregados os 3 Arduinos respectivamente com o programa do sensor ultrassônico, programa da contagem e programa do painel indicador, conforme mostrado na figura 1 a seguir

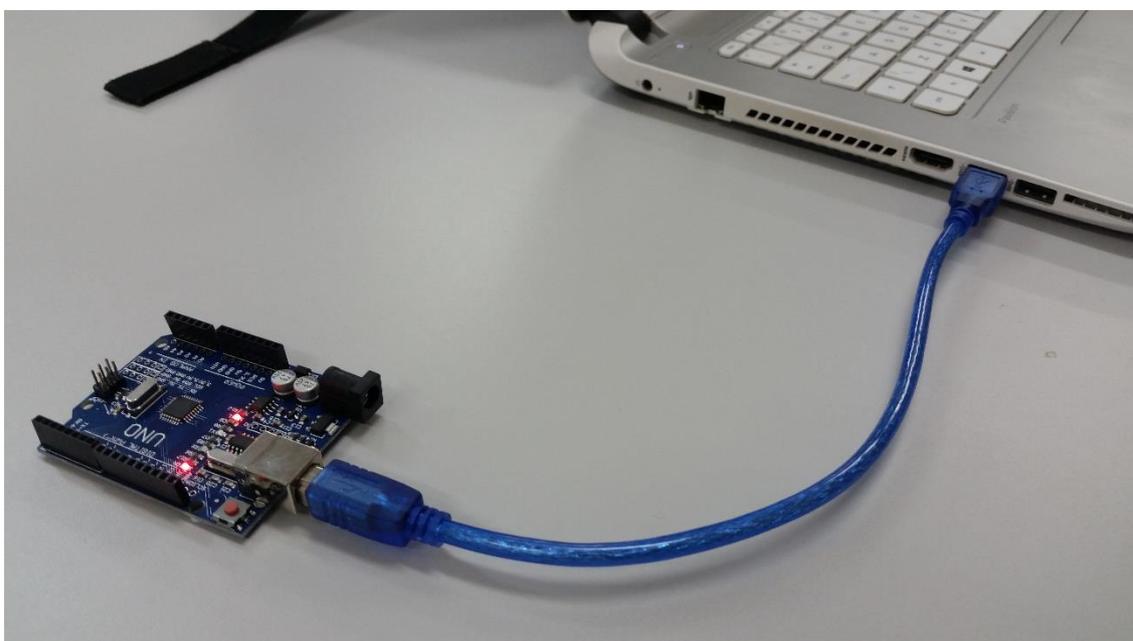


Figura 1 - Programação dos Arduinos

Fonte: Elaborada pelo autor

O primeiro passo foi montar e testar o sensor ultrassônico HC-SR04 como mostrado na figura 2.

O pino trigger foi conectado ao pino 6 do Arduino

O pino echo foi conectado ao pino 7 do Arduino

A regulagem a princípio foi feita para 15, 30 e 100cm para testar a sensibilidade do sensor.

Após isso, foi padronizada a distância de detecção para 30cm para futuros testes.

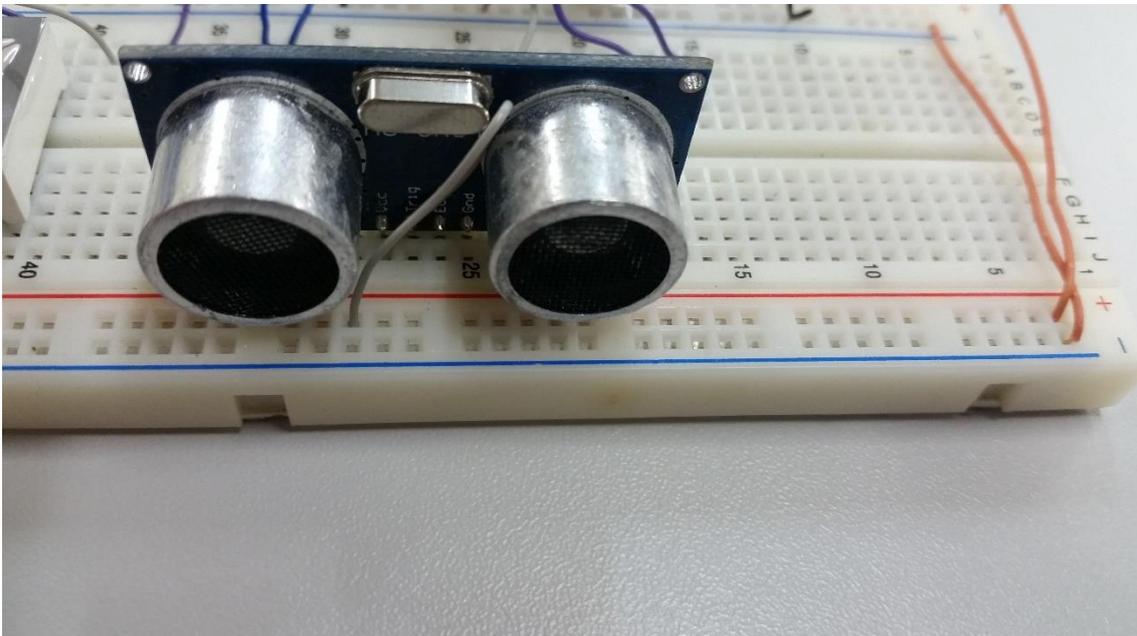


Figura 2 - HC-SR04 sendo testado

Fonte: elaborado pelo autor

Foi programado o Xbp-09 com o programa XCTU com a placa programadora Explorer, como mostrado na figura 3. Foi utilizado o protocolo *DigiMesh* que permite ser acoplados vários nós sem que interfira nos dados enviados e recebidos. Foi programado a ID da rede como número “6” (nome da rede). Após a programação de 3 Xbp-09, foi feito um teste de comunicação entre eles e foi verificado que a mensagem de transmissão era instantânea.

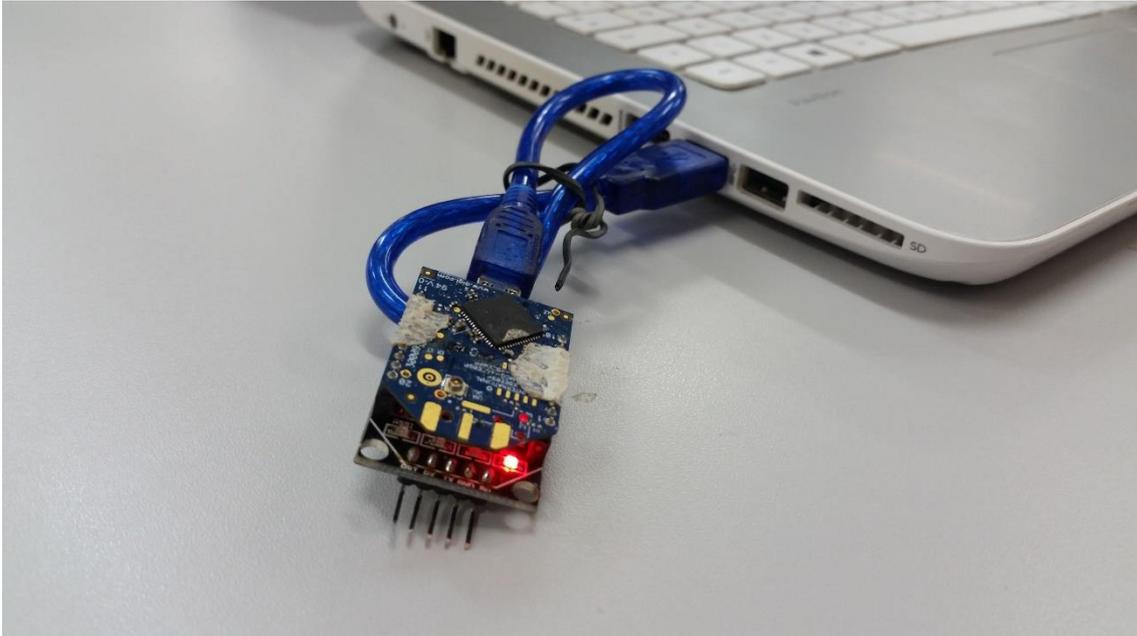


Figura 3 - Programação do Xbp-09

Fonte: elaborado pelo autor

Foi interligado pela protoboard o Xbp-09 e o Arduino responsável pela contagem de vagas para enviar a mensagem serial da seguinte maneira, conforme figura 14:

- O pino 1 em 3,3V
- O pino 2 no RX do Arduino
- O pino 3 no TX
- O pino 10 em GND

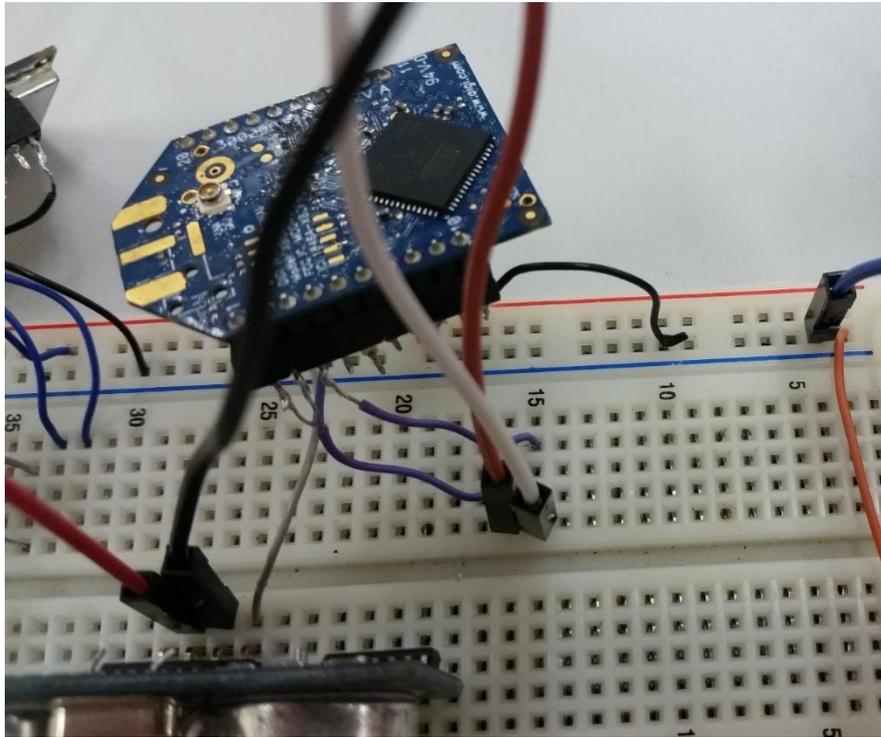


Figura 4 - Ligação Xbp-09/Arduino

Fonte: elaborado pelo autor

Da mesma forma, foi interligado um segundo Xbp-09 no Arduino responsável pelo painel indicador das vagas disponíveis, recebendo a mensagem serial.

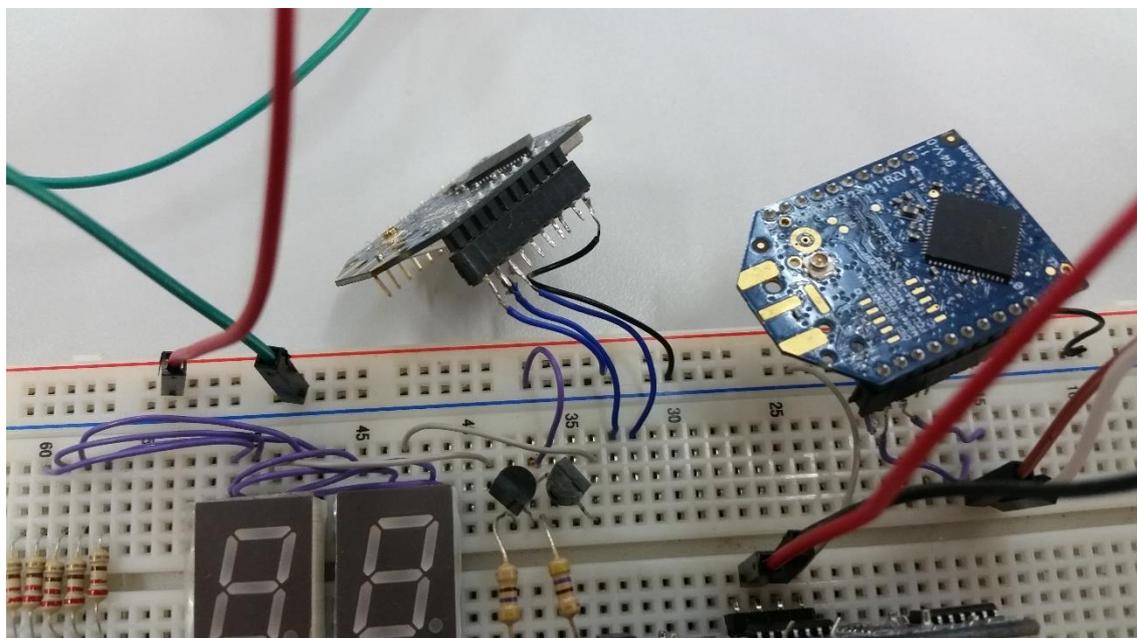


Figura 5 - Xbp-09 recebendo mensagem serial

Fonte: elaborado pelo autor

Interligou-se os resistores de 220Ω nos ânodos dos dois displays em paralelo.

Utilizou-se dois transístores BC548B para chavear isoladamente cada um dos displays através do cátodo. O cátodo foi ligado ao coletor, a base do transistor ligada à saída digital do Arduino com um resistor limitando a tensão e o emissor ligado no GND, interligando ao terra, conforme mostrado na figura 6.

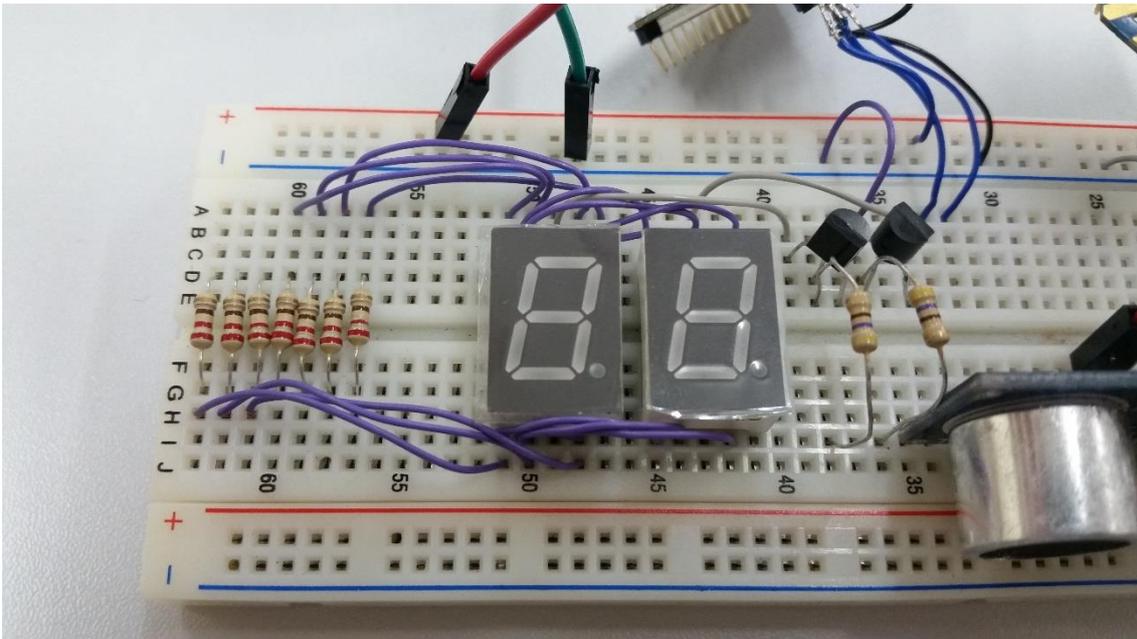


Figura 6 - Funcionamento do display

Fonte: elaborado pelo autor

Por fim, foi feito o teste com todos os processos funcionando simultaneamente. Primeiramente o sensor enviando informação para o primeiro Arduino (programa do sensor ultrassônico), o mesmo envia um sinal lógico alto para o segundo Arduino (contador) que está encarregado pela soma das vagas e enviar a mensagem serial para um dos módulos Xbp-09.

Os dois módulos comunicam entre si. O segundo módulo recebe a mensagem e repassa a mensagem serial para o terceiro Arduino (painel indicador), que terá o papel de transformar a mensagem serial em mensagem visual, através do painel indicador.

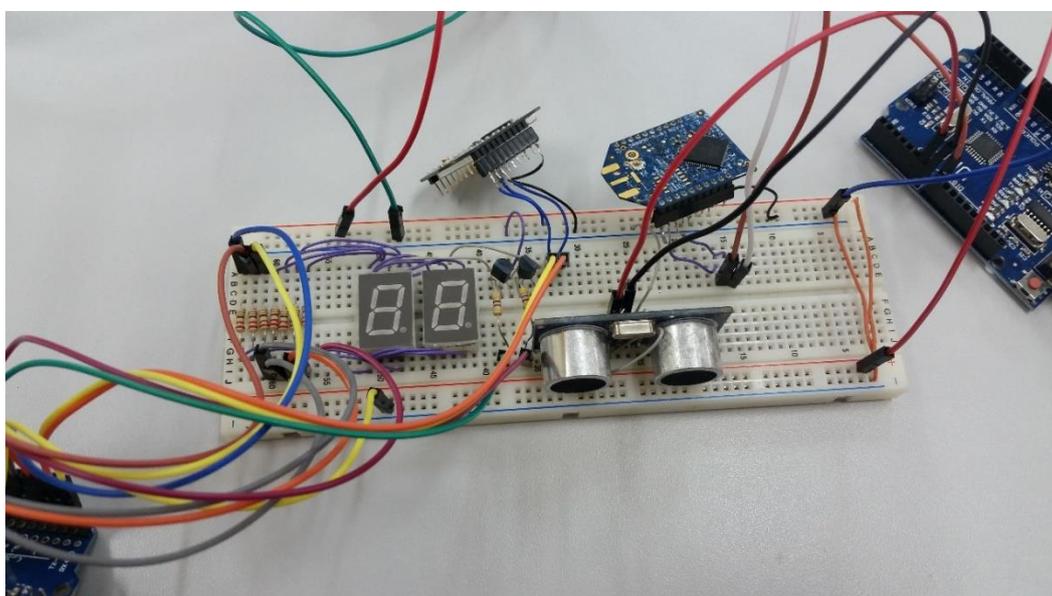


Figura 7 - Processos funcionando simultaneamente

Fonte: elaborado pelo autor

Resultados e discussão

Esse projeto foi desenvolvido com o objetivo de facilitar e agilizar a vida dos condutores que perdem tempo em demasia na hora de estacionar seus veículos para poderem usufruir do local almejado. Sendo assim, foi simulado um protótipo de um estacionamento que controla as vagas do mesmo usando um microcontrolador. Neste projeto feito em escala reduzida, o usuário poderá saber antes de adentrar algum corredor quantas vagas estão disponíveis no mesmo, vagas essas que são atualizadas assim que o veículo repousar sobre o sensor. De modo que o protótipo foi montado em escala reduzida, em caso de aplicação a casos reais, seria necessário a adaptação do mesmo para tais fins, como sensores maiores e mais precisos, *LEDs* indicadores de maior tamanho, além de substituir todo o resto dos materiais (como supracitado nas descrições de *hardware*) por materiais de maiores proporções.

Como em toda fase de testes e montagem, houveram erros em nossa parte de testes e também na parte final de montagem da placa.

Foi feita a tentativa de colocar três sensores ultrassônicos HC-SR04 em um único Arduino, o que a princípio não funcionou.

Na parte de montagem final das placas de cobre, as mesmas foram corroídas com os desenhos da trilha espalhados e após soldar os componentes e fazer os testes, a placa esquentou e constatamos que a mesma estava com as trilhas espelhadas.

Diferente dos estacionamentos inteligentes já existentes, este projeto vem com a vantagem da economia no cabeamento, destacando-se desta forma o uso do ZigBee para tal objetivo.

Uma das grandes vantagens deste projeto em relação a estacionamentos convencionais é que o mesmo é *eco-friendly*, já que quanto menos tempo o usuário depende para encontrar sua vaga, menos o motor fica ligado emitindo gases nocivos (como o CO^2) ao meio ambiente, além de proporcionar um ar mais agradável para os clientes em estacionamentos fechados, já que o mesmo se encheria gases expelidos bem mais rápido pelos veículos em estacionamentos comuns.

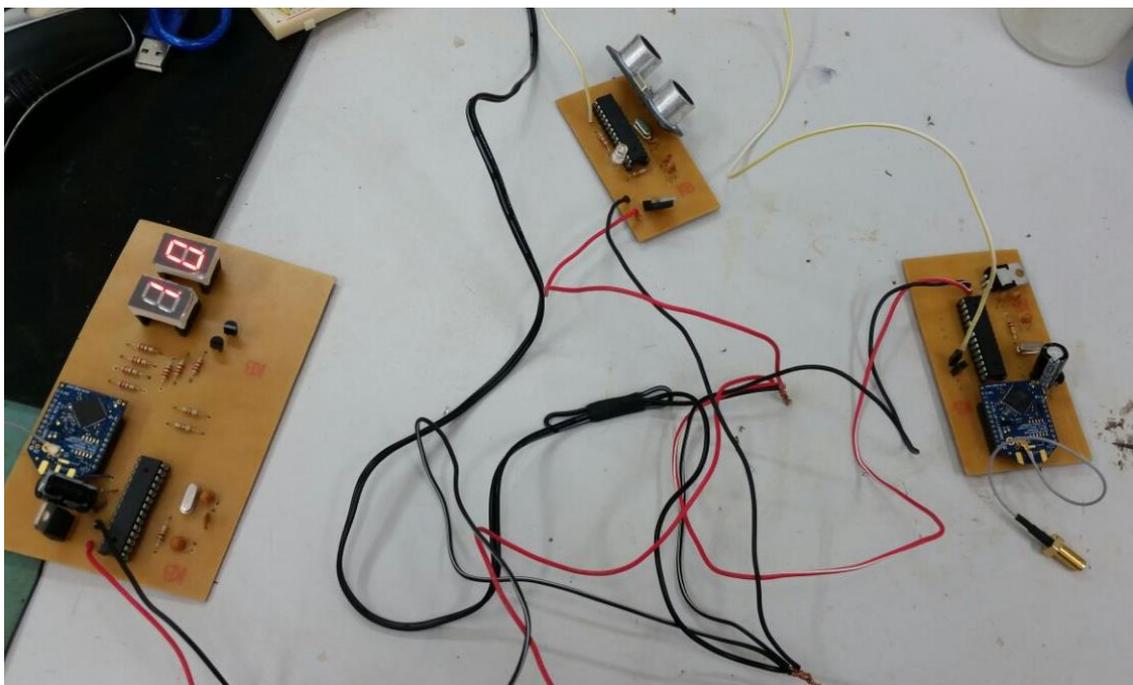


Figura 8 - Todas placas montadas e funcionando simultaneamente
Fonte: elaborado pelo autor

As metas para foram obtidas com sucesso através da montagem em Protoboard (versão de testes) e posterior montagem em placa de cobre (definitiva), sendo que os resultados foram atingidos, sendo possível a detecção através dos sensores, a contagem e envio da mensagem para o sistema em seu pleno funcionamento e a conseqüente visualização e atualização do número de vagas conforme leituras dos sensores ultrassônicos.

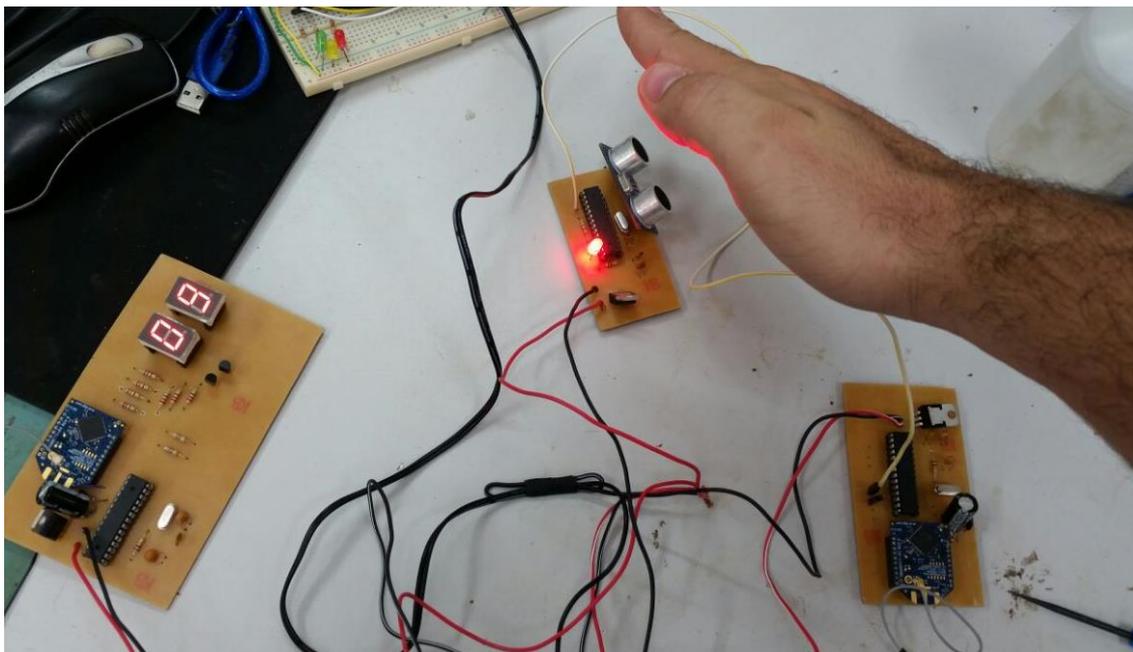


Figura 9 - Teste com sucesso de todas placas prontas

Fonte: elaborado pelo autor

Referências

ATMEL. **8-bit AVR Microcontrollers.** Disponível em <http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf>. Acesso em 3 de set. 2017.

BEZERRA, Jadeilson de Santana. **Instrumentação Eletrônica sem fio – Transmitindo Dados com Módulos XBee Zigbee e PIC16F877A.** 1ª Ed. São Paulo. Editora Érica, 2012.

KOIFMAN, Henrique. **Romi-Isetta, primeiro carro produzido no Brasil, completa 60 anos.** Disponível em <<http://blogs.oglobo.globo.com/rebimboca/post/romi-isetta-primeiro-carro-produzido-no-brasil-completa-60-anos.html>>. Acesso em 09 de ago. 2017.

LIMA, Charles Borges; VILLAÇA, Marco V. M. **AVR e Arduino – Técnicas de Projeto.** 2ª Ed. Florianópolis. Edição dos Autores, 2012.

PHILOHOME. **Datasheet BC548B.** Disponível em <<http://www.philohome.com/sensors/gp2d12/gp2d12-datasheets/bc548.pdf>>. Acesso em 03 de set. 2017.

Repositório Digital da IFRN. **Display de 7 Segmentos**. Disponível em <https://docente.ifrn.edu.br/aryalves/disciplinas/semestre-letivo-2015.2/electronica-digital/manipulando-display-de-7-seguimentos-com-ci-decodificados-bcd-7s>>. Acesso em 4 de set. 2017.

PINHO, Márcio. **São Paulo registra maior crescimento da frota de carros em três anos**. Disponível em <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/02/sao-paulo-registra-maior-crescimento-da-frota-de-carros-em-tres-anos.html>>. Acesso em 17 de ago. 2017.

REIS, Thiago. **Com aumento da frota, país tem 1 automóvel para cada 4 habitantes**. Disponível em <<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2014/03/com-aumento-da-frota-pais-tem-1-automovel-para-cada-4-habitantes.html>>. Acesso em 09 de ago. 2017.

Portal Metálica. **Empilhando carros: o que são e como funcionam os estacionamentos verticais**. Disponível em <<http://wwwo.metlica.com.br/o-que-sao-e-como-funcionam-os-estacionamentos-verticais>>. Acesso em 12 de ago. 2017.

THOMSEN, Adilson. **Sensor Ultrassônico HC-SR04**. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04>>. Acesso em 04 de set. 2017.

Qualidade da energia em geração distribuída fotovoltaica

Quality of energy in distributed generation photovoltaic

Diogo Henrique Barbosa de Souza¹

Gilson Carlos Alves Mansinato¹

Marcela Buzati Kasia¹

Pamella Laleska Polido¹

Giuliano Pierre Estevam²

RESUMO

O homem moderno tornou-se dependente da energia para suas atividades cotidianas e com ela trouxe qualidade de vida, desenvolvimento tecnológico e progresso. A base geradora de energia do Brasil é provinda das hidrelétricas, na qual devemos diversificar e ampliar a produção de energia por outras fontes energéticas, para a segurança da matriz energética brasileira. A energia solar vem se destacando, por meio da geração distribuída, em que o consumidor pode produzir sua própria energia e obter vários benefícios. O objetivo deste artigo é levantar dados de qualidade sobre a energia excedente da geração distribuída fotovoltaica nos centros urbano e injetadas nas linhas de distribuição das concessionárias. A geração distribuída pode contribuir para a demanda da área de consumo, diminuir o carregamento da rede, reduzir o impacto ambiental, e também, de investimentos em novas usinas e linhas de transmissão e distribuição.

Palavras-Chave: Energia solar, Geração distribuída, Sistema fotovoltaicos, Qualidade de energia.

ABSTRACT

The modern man became dependent on energy for his daily activities and with it brought the quality of life, technological development, and progress. Brazil's power generation base comes from hydroelectric dams, in which we must diversify and expand energy production by other energy sources, for the safety of the Brazilian energy matrix. Solar energy has been emerging, through distributed generation, in which consumers can produce their own energy and gain benefits. The objective of this article is to collect quality data on surplus energy from the distributed photovoltaic generation in urban centers, injected into the companies' distribution lines. Distributed generation can contribute to consumption area of demand, decrease network loading, reduce environmental impact, and reduce investments in new power plants and transmission and distribution lines.

Key words: Distributed generation, Photovoltaic systems, Energy quality, Sun's energy.

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

2- Engenheiro eletricitista, Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista e Docente do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

Introdução

Na última década, houve grande avanço em projetos voltados para geração de energia limpa e renovável. A escassez de chuva e os riscos eminentes de novos apagões são uns dos fatores para o aumento do investimento de fontes de energias alternativas. O governo tem procurado incentivar novos recursos, incorporando inovações tecnológicas e diversificando as fontes de geração, de modo que, cresça a segurança energética do país (MINISTÉRIO MINAS E ENERGIA, 2015).

Por suas dimensões territoriais, condições climáticas e a elevada taxa de irradiação solar, o Brasil tem um enorme potencial de energia a ser explorado. Pode-se prever seu alto índice em geração de energia fotovoltaica por todos os estados, em que o investimento nesse tipo de energia tornaria o país como uns dos principais líderes no emprego de energia renovável alternativa (ANEEL, 2002). Contudo, essa tecnologia é recente e diminuta na matriz energética brasileira, tendo por ordem de 0,0148% (MINISTÉRIO MINAS E ENERGIA, 2017).

A energia solar ainda é considerada uma energia de produção onerosa. A exploração e a integração dessa tecnologia na matriz energética pode reduzir seus gastos, tornando tão competitiva quanto outras fontes geradoras. A mesma ganha destaque em diversos países e no Brasil, através da geração distribuída fotovoltaica (VILLALVA; GAZOLI, 2012)

A geração distribuída tem aumentado seus adeptos após a normativa da ANEEL 687/2015, permitindo que o consumidor instale geradores de pequeno porte em sua residência e/ou comércio e o excedente desta energia seja injetado na rede, adquirindo benefícios (ANEEL, 2015).

Apesar das grandes vantagens, as placas solares produzem energia somente quando tem radiação solar, portanto, em dias nublados e chuvosos há uma queda significativa na produção da energia. Essa variação na energia, introduzidas na rede, traz certos impactos, podendo alterar a característica passiva do sistema elétrico de distribuição (SANTOS, 2009).

Este artigo tem por objetivo levantar dados de qualidade da energia excedente da geração distribuída fotovoltaica nos centros urbanos, verificando se existe algum impacto benéfico ou prejudicial causado nas redes das companhias. Ou seja, observar as características da qualidade da energia elétrica injetada nas linhas

de distribuição da companhia como as harmônicas, perdas e desequilíbrio de tensão, entre outros fenômenos.

Material e Métodos

Este estudo foi baseado numa revisão de literatura em bancos de dados de artigos, teses, monografias, livros e normas técnicas.

Os artigos e materiais foram selecionados de acordo com a afinidade com o tema e o fator de impacto da revista. No levantamento bibliográfico, foram encontrados 32 arquivos eletrônicos, selecionados 21 pela equipe de pesquisa, e as informações dos artigos foram extraídas principalmente de seus objetivos, resultados e discussão. Também foram retirados dados de relatórios, livros, normas e informativos governamentais relacionados ao tema.

Resultados e discussões

A geração distribuída opõem-se ao modelo tradicional, sendo reconhecida por ter geradores descentralizados, instalados perto ou no próprio local de consumo, contribuindo para suprir a necessidade da energia local, tendo em vista uma cultura de baixo impacto ambiental, aliviando as linhas de transmissão e os sistemas de distribuição (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

O controle da qualidade da energia será sempre uma prioridade para as concessionárias, levando a estabelecer índices de desempenho do fornecimento. Visando a atender os preceitos básicos de qualidade de serviço, continuidade de fornecimento e qualidade do produto, caracterizada pela forma de onda dos componentes de um sistema trifásico.

Para aumentar a qualidade de fornecimento de energia elétrica é necessário elevar os gastos de operação e de bens de capital, o que fomenta o aumento da tarifa da energia, considerando um dilema para o regulador. Uma opção para esse desafio é a geração distribuída (MEHL, 2005).

A geração distribuída fotovoltaica mantém os mesmos desafios sobre a qualidade de energia do que a originária das concessionárias. São capazes de suprir a demanda e asseguram a segurança do sistema fotovoltaico e da rede, embora sua produção seja exclusivamente durante o dia, se projetadas e instaladas corretamente, funcionam de maneira adequada e harmoniosa com todo o sistema.

Em sua tese, BRAUN-GRABOLLE (2010) afirma que a geração distribuída pode impactar no sistema de distribuição de modo positivo ou negativo, variando na forma de geração das características de carregamento e configuração do sistema da rede, alterando o fluxo de potência. E não somente a qualidade da tensão, mas em perdas de potência da rede. A tabela 1 representa os impactos relacionados com a inserção da geração fotovoltaica na rede de baixa tensão.

Impactos da geração distribuída na rede de distribuição				
Variação da tensão				
Presença de harmônicas				
Falta à terra				
Escoamento	capacitivo	de	inversores	sem
transformadores				
Capacidade de curto-circuito				
Valor de potência				
Ilhamento não intencional				

Tabela 1. Impactos a inserção da geração distribuída fotovoltaica na rede de distribuição. Fonte: (BRAUN-GRABOLLE, 2010).

Atualmente, pela pequena penetração desse tipo de energia na rede, os efeitos são mínimos. Pode-se prever que com a aderência da geração distribuída o perfil da rede mudará, possibilitando que esses eventos alterem suas características.

Apesar disso, a qualidade da energia da geração distribuída fotovoltaica está diretamente ligada à qualidade do inversor, porque é ele quem faz a interface de conexão com o sistema de geração à rede (RAMPINELLI, 2010). O dispositivo deve tomar decisões em um curto espaço de tempo, por isso é exigido que esse equipamento seja um supervisor controlando todo o sistema, e não apenas transformando a energia de corrente contínua da geração fotovoltaica em corrente alternada para ser conectada ao sistema de distribuição.

O uso de inversores de baixa qualidade produzem correntes de saída distorcidas, causando interferências eletromagnéticas e distúrbios na rede. Esse equipamento tem um baixo custo, porém sua vida útil é menor e não está de acordo com os padrões estabelecidos pelo INMETRO, portanto deve ser recusado pelo consumidor (BRAUN-GRABOLLE, 2010).

Os tipos de inversores e o modo de instalação das placas podem desempenhar índices diferentes a respeito da geração de eletricidade. Visto que um inversor com transformador trifásico tem maior rendimento que um monofásico,

por ter a peculiaridade de possuir um percentual menor de perdas. O inversor pode entregar uma energia com características quase ideais, com uma forma de onda senoidal e fator de potência próximo ao unitário (TONIN; URBANETZ, 2016)

Todavia, os inversores sofrem a interferência de condições climáticas, período do dia, temperatura e tecnologia, são fatores que influenciam na sua variação de tensão e corrente. As harmônicas produzidas pelos inversores ocorrem devido à tensões de linhas balanceadas, separação de fases desiguais, variação de corrente alternada e impedância de linhas. Isso transcorre pela característica do dispositivo de ser comutado pela rede ou autocomutado (BRAUN-GRABOLLE, 2010).

O maior problema encontrado em sistemas fotovoltaicos está na presença de nuvens alterando a eficiência do sistema. Quando o algoritmo do rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT) encontra uma situação de estabilidade, procura trabalhar em sua curva de ponto máximo. Contudo, quando existe o sombreamento em partes dos módulos, ele opera com o menor valor detectado, baixando a capacidade de produção. Uma possível solução é utilizar mais de um MPPT não afetando todo o arranjo.

O sombreamento de nuvens tem influência no pico de produção de energia e altera a tensão e na forma de onda da corrente por interromper temporariamente em um curto período de tempo a geração de energia, refletindo na conexão com o sistema da concessionária. Embora os inversores on/grid são projetados para regular e filtrar os distúrbios da geração minimizando esses efeitos na rede (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Em seu estudo, LOPES *et al.* (2015) conclui que há transitórios causados pela passagem de nuvens nos módulos. De forma que variou em até 80% da potência nominal de geração instalada, resultando na variação da tensão e na sua qualidade, porém não aparenta grandes impactos. Para a solução, é proposto um regulador de tensão.

O trabalho de ANABUKI WATANABE (2015) defende a utilização de reguladores de tensão em seu ponto de conexão, no qual poderá alterar a tensão no barramento em que está acoplado, ou seja, desempenha a função de compensador, diminuindo a circulação de potência reativa na rede elétrica, portanto reduz as

perdas e carregamento desnecessários nos transformadores e linhas estando em conformidade com as normas regentes a qualidade da energia.

As placas solares podem ajudar na introdução de potência ativa, às vezes, resultam em sobretensões, apesar de serem aceitáveis conforme as normas regentes, e aumento o nível de tensão. Embora isso é visto como benefício, precisa de um controle de tensão mais complexo nas redes de baixa tensão, podendo acarretar na sobretensão dos equipamentos das linhas de distribuição (RIBEIRO; DUQUE; PAULILO, 2014).

Outra ocorrência está relacionada à capacitância na rede, esse evento surge pelos filtros de interferência eletromagnética de painéis solares, essa capacitância adicional agrega frequências de ressonância, dominando as de baixa frequência em virtude do equipamento de conversão ser baseado em eletrônica de potência (RESENDE; PAULILO, 2013).

O ilhamento, subsistema isolado, coloca em risco a segurança das pessoas e dos equipamentos, considerado um evento danoso ao sistema. Para a sua detecção, utiliza-se métodos que interferem na corrente, causa variação na potência reativa da rede. A probabilidade de ocorrência é pequena, embora estudos recentes recomendam o uso de inversores com fator de potência unitário, limitando a circunstância.

Ademais, outros fenômenos podem ser encontrados a exemplo de distúrbios transitórios, aumento do nível de curto-circuito e uma maior cautela em relação à proteção do circuito. Existe ainda a preocupação das variações de magnitude da tensão em relação ao tempo, pois a geração fotovoltaica recebe a interferência das mudanças climáticas (RIBEIRO; DUQUE; PAULILO, 2014).

A solução é produzir um modelo estocásticos da potência a ser gerada, de modo a relacionar as diferentes escalas de tempo e entre os geradores instalados em locais distintos. Inclusive, deve-se equilibrar os padrões de tensões e entre outros parâmetros, com os riscos inerentes nas cargas (RIBEIRO; DUQUE; PAULILO, 2014).

Conclusão

Com o avanço da modernidade, o consumo de energia também estorga, nesse processo o governo tem procurado alternativas para o aumento da demanda de eletricidade. Encontra-se na geração distribuída um modelo oposto ao atual, de

forma que, impulsiona o avanço da tecnologia, reestrutura o sistema nacional de energia, diversifica suas fontes, obtendo então, maior segurança no setor e respeitando as regulamentações ambientais.

Tendo por vantagens o melhoramento da qualidade da energia, aumento da confiabilidade e diminuição no preço da energia para o consumidor, pois são evitados altos investimentos em linhas de transmissão e novas usinas, de modo que como novos mercados são abertos, alavancando, assim, a economia no setor elétrico e contribuindo para a redução dos impactos ambientais.

É necessário estudos para gerenciar a qualidade da energia dos autoprodutores injetados na rede de distribuição. Variação de tensão, harmônicos e o fenômeno do ilhamento são os problemas mais impactantes. Além disso, é fundamental a fiscalização e a exigência de produtos de qualidade por órgãos competentes.

Referências

ANABUKI, E. T.; WATANABE, E. H. **Sistema Fotovoltaico com função auxiliar de regulação de tensão**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 1. ed. BRASÍLIA: ANEEL, 2002.

ANEEL. **Resolução normativa nº 687**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

ANEEL. **Geração distribuída**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=757&idPerfil=2>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

BRAUN-GRABOLLE, P. **A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana**. Doutorado—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

INSTITUTO ACENTE BRASIL. **Qualidade no fornecimento de energia elétrica: confiabilidade, conformidade e prestação**. 14. ed. São Paulo: White Paper, 2014.

LOPES, MARIANA et al. **análise dos impactos técnicos resultantes da intermitência de geração de sistemas fotovoltaicos na qualidade da tensão**. Campinas: Unicamp, 2015.

MEHL, E. **Qualidade da Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

MINISTÉRIO MINAS E ENERGIA. **Governo estuda adoção de novas tecnologias ao setor elétrico.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/manchete/-/asset_publisher/neRB8QmDsbU0/content/governo-estuda-adoacao-de-novas-tecnologias-para-o-setor-eletrico-diz-braga;jsessionid=255822FEB452539752B2E11316320E6E.srv155>. Acesso em: 15 abr. 2017.

MINISTÉRIO MINAS E ENERGIA. **Boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro junho de 2017,** 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/4475726/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Junho+-+2017.pdf/0dd6b734-e3c2-4418-a6df-33d1a5087c86>>. Acesso em: 28 ago. 2017

RAMPINELLI, G. **Estudo de características elétricas e térmicas de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede.** Doutorado—porto alegre: UFRS, 2010.

RESENDE, F.; PAULILO, G. **Compensação reativa e qualidade da energia elétrica.** Disponível em: <http://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2013/09/ed-91_Fasciculo_Cap-VIII-Qualidade-de-energia.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2017.

RIBEIRO, P.; DUQUE, C.; PAULILO, G. **Tópicos avançados e desafios futuros associados à QEE.** Disponível em: <http://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2014/01/ed-95_Fasciculo_Cap-XII-Qualidade-de-energia.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SANTOS, I. P. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista.** Pós-graduação—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

TONIN, F.; URBANETZ, J. **Caracterização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** Pós-graduação—Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** São Paulo: Érica, 2012.

Qualidade da energia fotovoltaica em sistemas elétricos conectados a rede

Quality of photovoltaic energy in grid-connected electrical systems

Antonio Alessandro Rosselli¹
Giovanni Magione dos Santos¹
Nicoli Maçaria Garcia¹
Edval Rodrigues de Viveiros²

RESUMO

Com o passar do tempo é perceptível a mudança de postura das pessoas e das mídias, que difundem o tempo todo informações, em relação à geração de energia e ao método em que esta é controlada. Com o nosso atual século e com os novos tipos de tecnologias e pesquisas que vem surgindo, nota-se a diminuição da utilização de energia proveniente de recursos fósseis, em uma escala tão alta de modo a que, cada vez mais, o uso dessa energia seja diminuído drasticamente, sendo substituída por formas de geração de energia a partir de recursos renováveis. Dentro dos vários tipos de energias renováveis, está presente a energia solar, proveniente do sistema fotovoltaico, sendo esta uma fonte inesgotável e abundante na natureza, estando o Brasil entre os países com maior potencial desse tipo de energia. Com esse fato e com a evolução da eletrônica de potência, obtém-se o melhoramento na eficiência desse tipo de geração, diminuindo as perdas na conversão e também aproveitando a máxima potência dessa forma de energia. Porém, com a utilização da energia proveniente do sol para a geração de energia elétrica, é essencial a análise da qualidade de energia que este tipo de geração estará injetando na rede elétrica, sendo que os parâmetros de geração devem estar em conformidade com as normas regidas pelo PRODIST em seu módulo 8.

Palavras-Chave: Inversor Solar, Harmônicas, Qualidade de energia.

¹ Acadêmicos do 10º termo do curso de Engenharia elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

² Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

ABSTRACT

As time goes by, it is noticeable that people and media change their position, which diffuse information at all times in relation to the generation of energy and the method in which it is controlled. With our current century and with the new types of technologies and research that is emerging, we can see the decrease in the use of energy from fossil resources, on a scale so high that, increasingly, the use of this energy is drastically reduced, being replaced by forms of energy generation from renewable resources. Within the various types of renewable energies, solar energy is present, coming from the photovoltaic system, being an inexhaustible source and abundant in nature, being Brazil among the countries with the greatest potential of this type of energy. With this fact and with the evolution of the power electronics, the improvement in the efficiency of this type of generation is obtained, reducing the losses in the conversion and also taking advantage of the maximum power of this form of energy. However, with the use of energy from the sun for the generation of electricity, it is essential to analyze the quality of energy that this type of generation will be injecting into the grid, and the generation parameters must comply with the rules by PRODIST in its module 8.

Keywords: Solar Inverter, Harmonics, Power quality.

Introdução

Com o aumento populacional, junto com o grande desenvolvimento dos países, conseqüentemente se torna maior a demanda pelo aumento da produção de energia elétrica, tendo em vista que essa, desde o seu descobrimento até hoje, se torna fundamental para o desenvolvimento dos países e essencial para “acomodar” ainda mais o crescimento deste.

Concomitantemente, há uma necessidade e exigência da preservação do meio ambiente, então, levando isso em consideração e tendo em vista que os recursos atuais para a geração de energia são limitados, busca-se, cada vez mais, novas fontes de energia para tentar se obter uma geração limpa, onde a agressão ao meio ambiente é mínima.

Existem diversos tipos de fontes renováveis e a cada dia são descobertas novas.

Podem-se ser destacadas como fontes renováveis, as que já são utilizadas atualmente nas usinas hidrelétricas, biomassa e a solar fotovoltaica.

Segundo pesquisas do British Petroleum, até o ano de 2013, quase todo consumo da energia mundial era baseada na queima de combustíveis fósil, sendo o principal o petróleo.

No Brasil, nesse mesmo período e até hoje, a queima do petróleo é o que lidera a geração energética, vindo em seguida a energia proveniente da biomassa e hidrelétricas – Esta última responsável por suportar a maior proporção do consumo elétrico.

Por mais perceptível que seja o “engessamento” das formas de geração de energia elétrica e as fontes utilizadas, atualmente, observa-se, com o desenvolvimento tecnológico no setor energético, que novas fontes renováveis vêm ganhando destaque, entre elas, a solar.

A energia proveniente do sol é um tipo de energia limpa e abundante no território brasileiro. Por isso, percebe-se uma grande difusão deste tipo energético nos dias atuais, principalmente por meio do sistema fotovoltaico. Sabe-se que no sistema fotovoltaico a geração é feita em corrente contínua, sendo necessário a conversão para corrente alternada. Essa conversão se dá por meio do inversor de frequência, que é um equipamento eletrônico caracterizado como carga não linear, que gera distorções nas formas de onda. Por isso, é necessária a análise da qualidade de energia elétrica, proveniente desse tipo de sistema, afim de analisar os parâmetros de geração de energia e adequá-los aos padrões aceitos por normas regulamentadoras, especificamente pelo Procedimentos de Distribuição (PRODIST).

Revisão bibliográfica

Composição do sistema fotovoltaico

Placas fotovoltaicas

A célula solar é composta de duas camadas de silício, uma tipo N e outra tipo P, sendo de menor e maior espessura consecutivamente como ilustra a figura 3. As camadas, separadas, são neutras eletricamente, mas, na união entre elas é gerado um campo

elétrico devido a falta de elétrons no silício tipo P ser sanada pelo excesso de elétrons no silício tipo N.

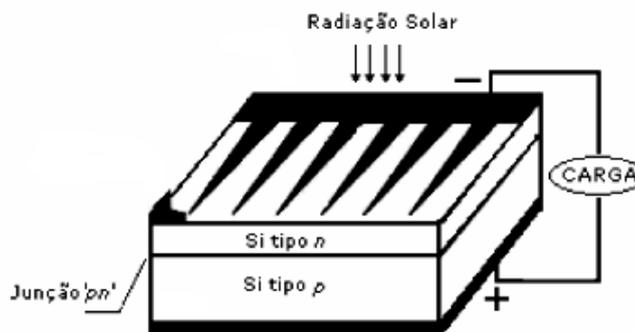


Figura 1 – Célula solar fotovoltaica. Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.

A luz solar é composta de fótons e esses ao incidirem sobre a célula fotovoltaica chocam-se com os elétrons do silício, fornecendo-os energia e transformando-os em condutores. Com tal energia e graças ao campo elétrico formado pela junção P-N os elétrons fluem da camada P para a camada N.

Um condutor é conectado externamente ligando a camada negativa à positiva, gerando assim um fluxo ordenado de elétrons. Enquanto houver incidência de luz sobre a célula haverá corrente elétrica, sendo a intensidade da corrente proporcional a intensidade da luz.

O inversor solar

Inversores Fotovoltaicos, são dispositivos eletroeletrônicos que converte a tensão contínua proveniente do gerador Fotovoltaico em tensão alternada que, tendo seu funcionamento em condições ao qual foi projetado, é injetada na rede elétrica. Atualmente os inversores possuem alta eficiência, seguimento do ponto de máxima potência (SPMP) do gerador Fotovoltaico, medidas de segurança para desconexão da rede em condições adversas, mecanismos de anti-ilhamento, medição de parâmetros elétricos, dentre outras funções.

Os inversores utilizam componentes semicondutores como chaves estáticas para efetuar a comutação responsável pela conversão c.c./c.a. Esses componentes operam em dois estados, corte ou saturação; logo, o sinal na saída é formado por

ondas quadradas, para obter uma forma de onda de saída próxima a senoidal é necessário utilizar uma modulação por largura de pulso, através de técnicas de PWM, "Pulse Width Modulation" ou Modulação de Largura de Pulso. Existem diversas técnicas de modulação PWM, mas a mais utilizada é a modulação por largura de pulso senoidal (SPWM).

Para este tipo de modulação existem duas formas de onda: uma senoidal e outra triangular, Figura 2. Os pontos de chaveamento são determinados pelos pontos de intersecção entre as duas ondas.

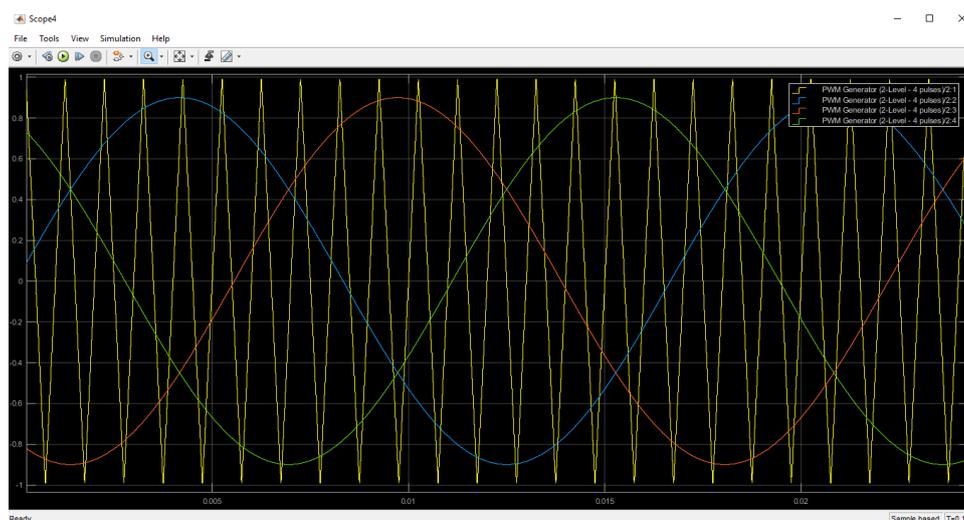


Figura 2 – Representação das formas de ondas da Modulação (SPWM)

Fonte: Autores

A onda senoidal denominada $V_R(t)$, é o sinal de referência, e possui uma amplitude V_M e uma frequência f_M , que é igual a frequência desejada na saída do inversor. Já a onda triangular, também conhecida como portadora, é denominada como $V_C(t)$ e apresenta uma amplitude V_C e uma frequência f_C (frequência de chaveamento). Na Figura 3 estão representadas as formas de onda $V_R(t)$ e $V_C(t)$, assim como sinal de saída do gerador de PWM. Este sinal de saída é o responsável pelo controle dos IGBTs do inversor. A figura ilustra apenas o semiciclo positivo da onda de referência.

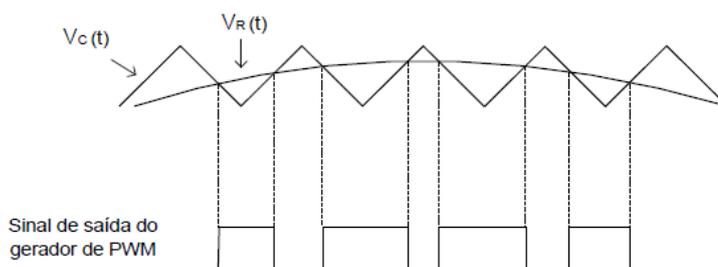


Figura 3 – Representação das formas de ondas de um gerador de PWM

Na implementação do sistema fotovoltaico, dois parâmetros são importantes na definição do inversor PWM: a frequência de chaveamento f_C e o índice de modulação.

A frequência de chaveamento influencia no número de pulsos na saída. Sendo assim, quanto maior for a frequência de chaveamento, mais senoidal é a forma de onda fornecida à carga.

Já o índice de modulação altera a largura do pulso e controla a tensão eficaz na saída do inversor.

As componentes harmônicas geradas pelos Inversores Fotovoltaicos utilizam um processo de filtragem (principalmente as mais próximas da componente fundamental) onde requer grandes capacitores e indutores, que reduzem a eficiência do inversor.

Ressalta-se que neste trabalho não é simulado o comportamento do sistema fotovoltaico e do inversor na ocorrência de transitórios no sistemas elétrico, somente em regime permanente. Por isso não é considerado o controle em malha fechada do inversor de frequência, reservando esta tarefa para trabalhos futuros.

Processo de funcionamento

A geração da energia fotovoltaica acontece por meio de uma serie de equipamentos interligados, dos quais, após a captação da energia solar, cada um faz sua função. Basicamente, para que um sistema fotovoltaico funcione de maneira correta e eficiente, ele é dividido em três blocos, sendo em:

- Bloco gerador, considerados o coração do sistema e que tem como sua principal função a conversão da energia solar em energia elétrica. Este bloco é formado pelos painéis solares, cabos e estruturas de suporte.
- Bloco de condicionamento de potencia, do qual é considerado o cérebro do sistema e onde acontece a transformação, por meio dos inversores, de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). Este bloco é formado pelos inversores e controladores de carga.
- Bloco de armazenamento, considerado o pulmão do sistema pelo fato de que, integrado nele, quando o sistema é off-grid, estão as baterias responsável pela reserva de energia elétrica do sistema caso haja pouca energia solar ou nenhuma (À noite ou em dias nublados). Outra opção para suprir a falta de energia em casos específicos é o método on-grid, quando o sistema é ligado diretamente na rede elétrica.

Procedimento do sistema fotovoltaico On – Grid

A geração da energia elétrica através da energia solar se dá, basicamente, por meio de transformações e conversões já citadas acima.

A primeira etapa acontece quando acontece a irradiação da energia solar nas placas fotovoltaicas, sendo estas, como já dito, compostas por células fotovoltaicas capazes de gerar corrente elétrica através de reações químicas que envolvem semicondutor silício. Quanto maior a incidência solar nas placas fotovoltaicas, maior o rendimento e logo, maior a geração de energia elétrica proveniente deste. Atualmente, as células com maior eficiência proporcionam 25% de eficiência, sendo este o critério mais importante hoje para a escolha do método da produção de energia, uma vez que, no caso da energia fotovoltaica, será a eficiência que dirá se o custo da energia por cada kW/h é viável.

Após a captação de tal energia e da geração da corrente contínua, esta é encaminhada para um equipamento chamado inversor. Ele tem, como sua principal função, converter corrente contínua em corrente alternada e seu uso é essencial, uma vez que a maioria dos equipamentos hoje em dia trabalha em corrente alternada, sendo necessária tal transformação. Uma função secundária do inversor

é garantir a segurança do sistema e fazer a medição da energia gerada pelos painéis solares.

Após a captação da energia solar pelas placas, ela é direcionada para as baterias que compõem o sistema, no caso de um sistema off – grid, ou essa energia passa pelo inversor e vai direto para o quadro de força da residência ou empresa, no caso de um sistema on – grid.

O inversor solar, como já citado, é constituído por um circuito interno eletrônico. Uma carga eletrônica é também chamada de “Carga não linear” ou simplesmente “Cargas elétricas especiais”.

Cargas lineares e não lineares

Cargas que possui uma corrente e proporcionalidade com a tensão e dentro de um ciclo de frequência, são denominadas cargas lineares. Estas podem até possuir uma defasagem angular pelo fato de serem ou cargas indutivas, capacitivas ou resistivas, logo, se a tensão de alimentação for puramente senoidal e aplicada a uma carga linear, o fator de potencia (FP) será igual ao fator de deslocamento (FD), ou seja, o cosseno do ângulo entre a tensão e a corrente. A figura 4 mostra a reação da forma de onda da tensão e corrente após a interação com uma carga linear.

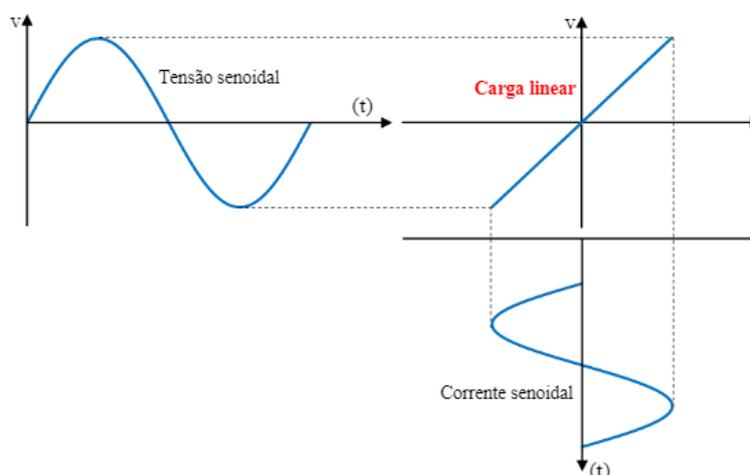


Figura 4: Formas de onda da tensão e corrente após a interação com uma carga linear.

Fonte: -----

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

Já no caso de uma interação com uma carga não linear, a forma de onda da tensão e da corrente se comporta conforme os formatos de onda da figura 5.

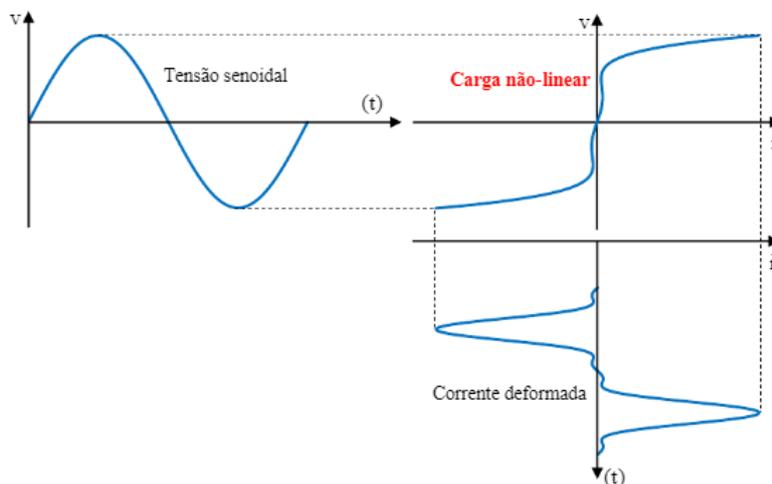


Figura 5 - Formas de onda da tensão e corrente após a interação com uma carga não linear. Fonte: ----

Qualidade de energia

Distorções Harmônicas

Para se entender o estudo da qualidade da energia elétrica, precisamos primeiramente entender a conceituação da distorção resultante dessas cargas não lineares. Segundo S.M.Deckmann e J. A. Pomilio, Uma distorção de forma de onda é dita harmônica quando a deformação se apresenta de forma similar em cada ciclo da frequência fundamental. Neste caso, o espectro contém apenas frequências múltiplas inteiras da fundamental. Esse tipo de deformação geralmente é imposta por dispositivos que apresentam relação não linear entre tensão e corrente como, por exemplo, transformadores e motores, cujos núcleos ferromagnéticos são sujeitos à saturação. Outros elementos não lineares são as cargas eletrônicas que produzem descontinuidades na corrente devido ao chaveamento dos conversores.

Prodist – Modulo 8

Todos os sistemas de geração de energia, incluindo os de micro ou minigeração, conectados a rede elétrica devem obedecer alguns critérios relacionados à distribuição de energia elétrica que no Brasil são redigidos pela ANEEL. São esses conjuntos de documentos que compõem os Procedimentos de Distribuição de
Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Esse documento permite que possa ser avaliado o desempenho das fornecedoras de energia e monitorar o produto entregue aos consumidores finais. Tratando-se da qualidade de energia, no módulo 8 do PRODIST são estabelecidos valores de referência, onde as concessionária deve adotá-los como meta, embora sejam estabelecidas margens de tolerância dentro das quais os valores sejam considerados satisfatórios.

O PRODIST em seu Modulo 8, em seu índice 4, trata sobre as Distorções Harmônicas, que abrange o tema do presente artigo.

Metodologia e etapa experimental

A fim de mostrar os parâmetros de geração em um sistema elétrico fotovoltaico, fez-se a simulações do mesmo em um *software* chamado *Simulink*, que simula a geração e traça gráficos de tensão e corrente.

Para fazer a simulação foi montado um circuito base, conforme a tabela 1 abaixo.

PAINEL SOLAR		
PARÂMETRO	QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA
Temperatura	45	°C
Radiação solar	1000	W/m ²
Células em paralelo	20	uni.
Módulos em série	80	uni.
Máxima potência gerada	414,8	kW
Tensão circuito	85,3	VDC
Corrente	5,69	Icc
PWM		
PARÂMETRO	QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA
Frequência de chaveamento	1000 - 8000	Hz
INVERSOR DE FREQUÊNCIA		
PARÂMETRO	QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA
Modelo <i>switching devices</i>	1	UND
FILTRO LC		
PARÂMETRO	QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA
Indutância	2	mH

Capacitância	35,18	mF
CARGA		
PARÂMETRO	QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA
Tensão de alimentação	220	VAC
Frequência	60	Hz
Potência	50	kW

Tabela 1: Parâmetros do circuito fotovoltaico. Fonte: Autores.

Simulação 1 – Frequência de chaveamento de 8000 e 1000 Hz

Na primeira simulação, foi feita a aferição do circuito em uma frequência de 8000 e 1000 Hz, com o circuito desconectado da carga e sem filtro.

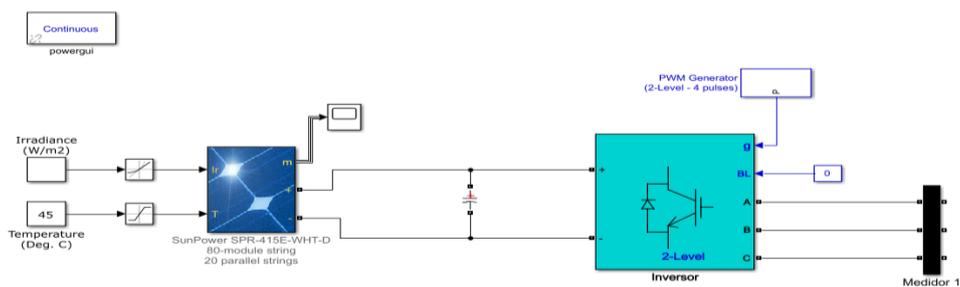


Figura 6 – Circuito representativo de um sistema fotovoltaico sem carga e sem filtro. Fonte: Autores

Simulação 2– Frequência de chaveamento de 8000 e 1000 Hz

Na primeira simulação, foi feita a aferição do circuito em uma frequência de 8000 e 1000 Hz, com o circuito conectado a carga e conectado ao filtro.

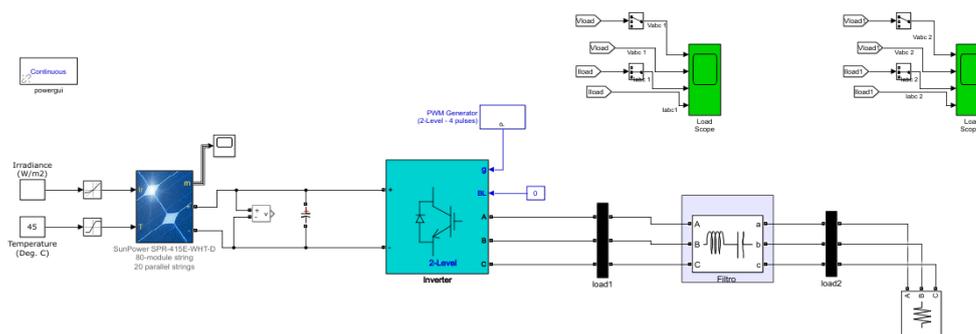


Figura 7– Circuito representativo de um sistema fotovoltaico com carga e com filtro.
 Fonte: Autores.

Análise dos resultados obtidos

Para cada caso foi observado uma situação que influenciou de maneira direta a tensão do sistema. Na simulação 1, verifica-se que o sistema opera “a vazio”, podendo ser observado na figura 7 que não haverá o aparecimento de corrente, por conta de não possuir uma carga conectada ao sistema, como já dito. O medidor está conectado diretamente no inversor, onde esta sendo mostrada a má qualidade da tensão transformada pelo inversor de frequência.

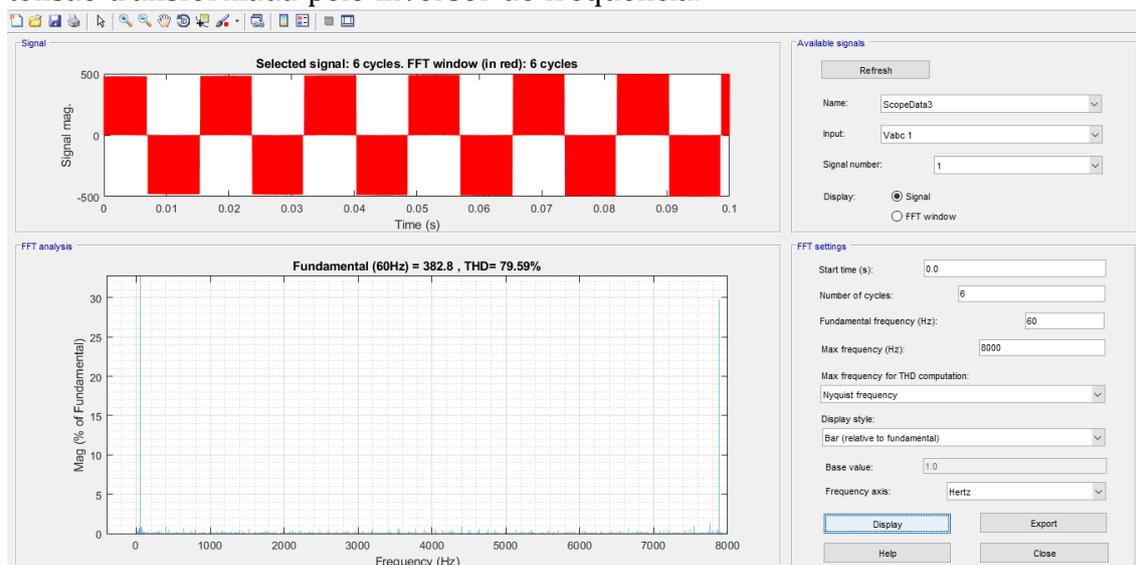


Figura 8– Gráfico da distorção harmônica para a simulação 1. Fonte: Autores.

Percebe-se no gráfico que a taxa de distorção harmônica é muito elevada, isso por conta do chaveamento da carga eletrônica.

Já na simulação 2, em que o medidor esta entre o filtro e a carga, percebe-se uma redução drástica na Taxa de distorção harmônica do sistema, cerca de 98%, como mostra a figura 8. Isso se deu por conta da inserção do filtro capacitivo – indutivo conectado ao sistema fotovoltaico.

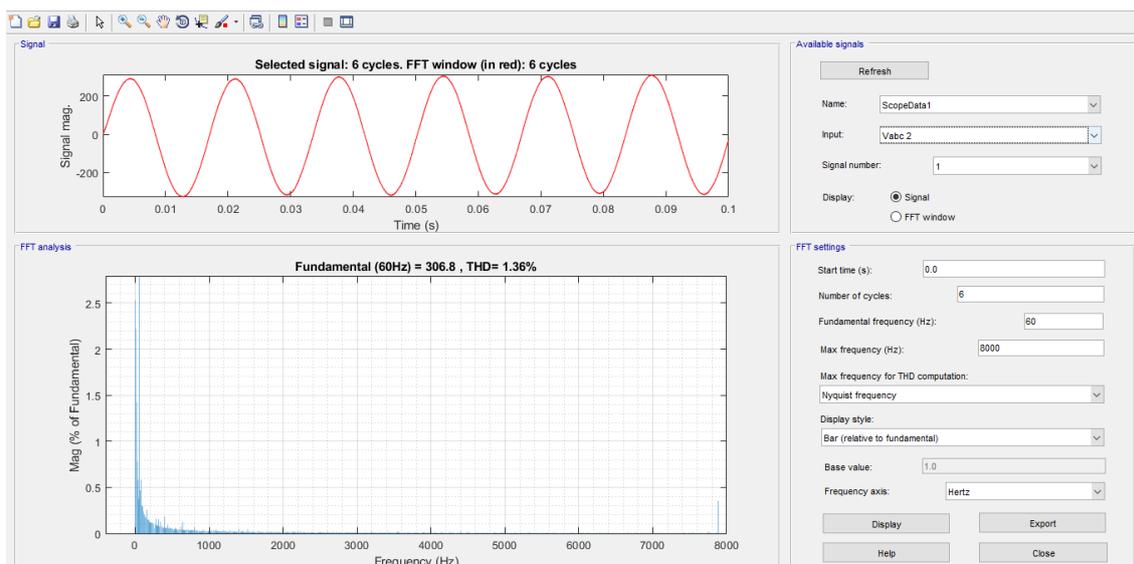


Figura 9– Gráfico da distorção harmônica para a simulação 2. Fonte: Autores.

Conclusões

O sistema de geração de energia fotovoltaica apresenta-se como uma alternativa de geração de energia promissora. Existem atualmente diversas linhas de pesquisas para geração de energia solar, visando o desempenho e a redução de custo para essa geração. Pois esses dois fatores, custo e desempenho, torna a geração de energia fotovoltaica pouco competitiva em relação às fontes de energias convencionais.

O Brasil, mesmo tendo um elevado potencial para utilização deste tipo de geração, não possui muitas pesquisas nas área, e pouco investimento dos governos para incentivo. Países com nível de irradiação solar inferior, como os europeus, tem aplicações e investimentos maiores.

O objetivo deste trabalho, além de incentivar as linhas de pesquisas relacionadas às fontes alternativas de energia, foi modelar o sistema fotovoltaico operando em dois modos diferentes, com isso foi alcançado o que se esperava para este projeto.

A variação de frequência máxima no circuito PWM, afetam de forma mais significativa as formas de ondas e as distorções harmônicas, que durante a variação ficaram dentro dos valores permitidos pelo PRODIST, nas simulações com o circuito

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.2, n.4, 2017.

com filtro e carga. Os valores de potência e tensão foram poucos interferidos por essa variação da frequência.

Como foi observado, o sistema fotovoltaico é capaz de fornecer grandes quantidades de potência, tensão e corrente, sendo capaz de alimentar cargas relativamente grandes.

Uma dificuldade encontrada, durante a realização dos testes, foi a determinação e introdução de alguns parâmetros de forma manual. Os valores inseridos foram aqueles que melhor se enquadraram na maioria dos testes.

Este artigo abordou um ponto específico deste vasto tema. O objetivo é utilizar este trabalho como base para outras pesquisas relacionadas a geração de energia solar fotovoltaica. Como por Exemplo: Implementação de laços de controle dos parâmetros do inversor em uma malha fechada.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12118 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – Métodos de Ensaio*. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural - Requisitos*. Rio de Janeiro, 2014.

FERNANDES, I.D. *Blocos e Pavimentos – Produção e controle de qualidade*. 3. ed. Jaraguá do Sul: Editora Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2012.