

PERQUIRERE

Engenharias, Ciências Exatas e da Terra

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas
n. 16, vol. 2 - maio/ago. de 2019



Revista Perquirere

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

ISSN 1806-6399

Número 16, Volume 2, maio/ago. de 2019

Patos de Minas: Revista *Perquirere*, UNIPAM, n. 16, vol. 2: 1-283



Centro Universitário de Patos de Minas



Núcleo de Editoria e Publicações

UNIPAM | Centro Universitário de Patos de Minas

Reitor

Milton Roberto de Castro Teixeira

Pró-reitor de Ensino, Pesquisa e Extensão

Henrique Carivaldo de Miranda Neto

Pró-reitor de Planejamento, Administração e Finanças

Renato Borges Fernandes

Coordenadora de Extensão

Adriana de Lanna Malta Tredezini

Diretora de Graduação

Maria Marta do Couto Pereira Rodrigues

Coordenadora do Núcleo de Editoria e Publicações

Elizene Sebastiana de Oliveira Nunes

A Revista *Perquirere* é uma publicação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), de acesso gratuito, destinada, primordialmente, a divulgar a produção oriunda do programa de iniciação científica (PIBIC) mantido pela instituição.

Catálogo na Fonte
Biblioteca Central do UNIPAM

P447 Perquirere [recurso eletrônico] / Centro Universitário de Patos de Minas.
– Dados eletrônicos. – N. 1 (2004)-. – Patos de Minas : UNIPAM,
2004-

Anual: 2004-2009. Semestral: 2010-2016. Trimestral: 2017-
Disponível em: <<https://revistas.unipam.edu.br>>
ISSN 1806-6399

1. Periódicos – interdisciplinar. 2. Ciências biológicas. 3. Saúde.
4. Engenharia. 5. Letras – artes. I. Centro Universitário de Patos Minas.
II. Título.

CDD 056.9

Centro Universitário de Patos de Minas

Rua Major Gote, 808 – Caiçaras
38702-054 Patos de Minas-MG Brasil

NEP | Núcleo de Editoria e Publicações

Telefone: (34) 3823-0341
<http://nep.unipam.edu.br>

Revista *Perquirere* © Revista do Centro Universitário de Patos de Minas
<https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere>
e-mail: perquirere@unipam.edu.br

Editora responsável

Gisele Carvalho Araújo Caixeta

Conselho editorial

Ciências da Saúde e Ciências Biológicas

Adriana Cristina de Santana (UNIPAM)
Bethânia Cristhine de Araújo (UNIPAM)
Célio Marcos dos Reis Ferreira (UFVJM)
Cleide Chagas da Cunha Faria (UNIPAM)
Cleine Chagas da Cunha Arvelos (UNIPAM)
Daniela Resende de Moraes Salles (Universidade Presidente Antônio Carlos – Araguari)
Franciele Maria Caixeta (UNIPAM)
Gilson Caixeta Borges (UNIPAM)
Isa Ribeiro de Oliveira Dantas (UNIPAM)
José Alfredo Dixini (UNIPAM)
Juliana Ribeiro Gouveia Reis (UNIPAM)
Karyna Maria de Mello Locatelli (UNIPAM)
Luciana de Almeida França (UNIPAM)
Luiz Henrique dos Santos (UNIPAM)
Marilene Rivany Nunes (UNIPAM)
Maura Regina Guimarães Rabelo (UNIPAM)
Milce Burgos Ferreira (UNIPAM)
Nádia Camila Rodrigues Costa Caixeta (UNIPAM)
Natália de Fátima Gonçalves Amâncio (UNIPAM)
Norma Aparecida Borges Bittar (UNIPAM)
Odilene Gonçalves (UNIPAM)
Priscila Capelari Orsolin (UNIPAM)
Roane Caetano de Faria (UNIPAM)
Rosiane Gomes Silva Oliveira (UNIPAM)
Rosiane Soares Saturnino (UNIPAM)
Rossana Pierangeli Godinho Silva (UNIPAM)
Sandra Soares (UNIPAM)
Talita Marques da Silva (UNIPAM)

Engenharias, Ciências Exatas e da Terra

Alice Pratas Glycério de Freitas (UNIPAM)
Angelita das Graças de Oliveira Honorato (UNIPAM)
Andréa de Freitas Avelar (UNIPAM)
Bruno Batista Gonçalves (UNIPAM)
Bruno Sérgio Vieira (UFU)
Carlos Henrique Eiterer de Souza (UNIPAM)

Dayene do Carmo Carvalho (UNIPAM)
Diego Alves de Moro Martins (UNIPAM)
Eduardo Pains de Moraes (UNIPAM)
Eneida César Mastrantonio (UNIPAM)
Everaldo Antonio Lopes (UFV – Campus Rio Paranaíba)
Fábio de Brito Gontijo (UNIPAM)
Fernando Correa de Mello Junior (UNIPAM)
Fernando Dias da Silva (UNIPAM)
Guilherme Nascimento Cunha (UNIPAM)
Gustavo Rodrigues Barbosa (UNIPAM)
Janaina Aparecida Pereira (UNIPAM)
José Mauricio da Rocha Junior (UNIPAM)
Lucas Mendes da Silva (UNIPAM)
Nancy Tiemi Isewaki (UNIPAM)
Mariana Assunção de Souza (UNIPAM)
Nádia Grandi Bombonato (UNIPAM)
Nicolle Pereira Soares (UNIPAM)
Patrícia Antunes dos Reis (UNIPAM)
Paulo Eduardo Silva Martins (UNIT - Universidade Tiradentes)
Pedro Junior Ashidani (UNIPAM)
Renata Aparecida Vaz Rodrigues (UNIPAM)
Renata Nepomuceno da Cunha (UNIPAM)
Renato Ianhez (UNIPAM)
Rodrigo Hiroshi Murofushi (UNIPAM)
Ronan Magalhães de Sousa (UNIPAM)
Sady Alexis Chavauty Valdes (UNIPAM)
Sandro de Paula Matias (UNIPAM)
Sheilla Pereira Vieira (UNIPAM)
Thaís Reis dos Santos (UNIPAM)
Thiago Vieira da Silva (UNIPAM)
Tiago Santos e Souza (UNIPAM)
Walter Vieira da Cunha (UNIPAM)
Vinicius de Moraes Machado (UNIPAM)

Ciências Sociais Aplicadas, Letras e Artes

Adriana Vieira Ferreira (UNIPAM)
Cláudio Roberto Vaz Teixeira (UNIPAM)
Consuelo Nepomuceno (UNIPAM)
Elisa Aparecida Ferreira Guedes Duarte (UNIPAM)
Elizete Maria da Silva Moreira (UNIPAM)
Frederico de Sousa Silva (UFU)
Gabriel Gomes Canedo Vieira de Magalhães (UNIPAM)
Guilherme Caixeta Borges (UNIPAM)
Helen Corrêa Solis Neves (UNIPAM)
Jarbas Menezes (UNIPAM)
Joana Darc dos Santos (UNIPAM)
João Paulo Alves de Faria (UNIPAM)
José Maria Marques (UNIPAM)
Laércio José Vida (UNIPAM)

Luís André Nepomuceno (UNIPAM)
Luiz Henrique Borges Varella (UNIPAM)
Marcos Antônio Caixeta Rassi (UNIPAM)
Margareth Aparecida Cândido (UNIPAM)
Maria Marta do Couto Pereira Rodrigues (UNIPAM)
Mônica Soares de Araújo Guimarães (UNIPAM)
Morisa Martins Jajah (UNIPAM)
Pedro Henrique de Sousa Ferreira (UNIPAM)
Sandro Ângelo de Andrade (UNIPAM)
Sueli Maria Coelho (UFMG)
Thiago Henrique Ferreira Vasconcelos (UNIPAM)
Valério Nepomuceno (UNIPAM)
Vidigal Fernandes Martins (UFU)

Revisão

Ana Maria Caixeta Camargo
Gisele Carvalho de Araújo Caixeta

Diagramação

Elizene S. Oliveira Nunes
Paula Boaventura Veloso

SUMÁRIO

Alterações morfológicas e anatômicas em <i>Schizolobium parahyba</i> (vell.) Blake (fabaceae) em resposta a subdoses de saflufenacil.....	09
Hugo Humberto de Araújo Vinícius de Moraes Machado	
Análise da influência da injeção eletrônica e da mistura nas curvas características de um motor ciclo Otto.....	26
Tony Corrêa Silva João Rodrigo Andrade	
Análise da influência de diferentes tipos de cobertura em patologias de fachada.....	40
Noyuke Silva Hamado Nancy Tiemi Isewaki	
Análise da viabilidade da implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS) em um hospital à luz da certificação OHSAS 18.001.....	57
Juan Pablo Silva Moreira Janaína Aparecida Pereira	
Análise do torque para locomoção de carroça.....	74
Núbia Cristina Simão Flávio Moreira de Almeida	
Análise estrutural dinâmica de eixos rotativos sujeitos a entalhes.....	82
João Paulo Piau Oliveira João Rodrigo Andrade	
Aplicativo de monitoria online – Saiyajin.....	99
Lorena Cássia Gontijo dos Reis Eduardo Pains de Moraes Jessé Moreira de Oliveira	
Aplicativo mobile para avaliação de eventos e pesquisas baseado em técnicas de aprendizado de máquina.....	110
Alesanco Araújo Marins José dos Reis Mota	
Aplicativo para cálculo dos elementos planimétricos do projeto geométrico rodoviário.....	122
Allyson Tolentino Mendes Vinícius Vieira Sousa João Afrânio Rosa Juliana Lilis da Silva	

Associação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada no estabelecimento da <i>Brachiaria brizantha</i>.....	139
Rogério Amorim dos Reis Larissa de Melo Coelho Hélio Henrique Vilela	
Bioarquitetura e ecoeficiência da fibra de coco.....	154
Lorena Caetano Soares Eduardo Pains de Moraes	
Efeito da cinetina em soja no estágio reprodutivo.....	163
Aurélio Carneiro Soares Moreira Luís Henrique Soares	
Investigação das propriedades mecânicas de argamassas de cimento portland com a adição de nanotubos de carbono em diferentes concentrações e dispersões.....	169
Luiz Fernando O. Silva Sandra Lúcia Nogueira	
Planejamento associado com o controle de execução de serviços em edifício de Patos de Minas – MG.....	181
Alessandra Ferreira Peçanha Giselle Melo Amorim Rogério Borges Vieira	
Utilização de bio sólido agroindustrial na composição de substrato para produção de mudas de sangra d'água (<i>CrotonurucuranaBaill.</i>).....	199
Luiz Henrique Rodrigues de Oliveira Maurício Antônio de Oliveira Coelho	
Avaliação da ponte centenária em arco de concreto armado sobre o Rio Paranaíba: análise de tráfego e estrutural.....	215
Ana Flávia Alves Castro Nathallia Silva Kohl Jessé Moreira Oliveira Rogério Borges Vieira	
Avaliação da tenacidade e capacidade de reforço de compósitos cimentícios com filamentos de diferentes metais.....	233
Henrique Pains Moraes Rangel de Abreu Moreira da Silva Eduardo Pains de Moraes Douglas Ribeiro Oliveira	
Desenvolvimento de plantas de soja (<i>Glycine max</i>) em função do uso de bioestimulante, biorregulador e hormônio vegetal.....	251
Kalliton Landim da Silva Rodrigo Mendes de Oliveira	

Simulações numéricas em um hidrociclone, avaliando a eficiência da coleta de partículas.....258

Bernardo Abdão Pinto

Samuel Correa

João Rodrigo Andrade

Avaliação microbiológica da silagem de colostro bovino fermentado e acondicionado de forma anaeróbica.....274

Matheus Guimarães Fernandes

Juliana Borges Pereira

Alterações morfológicas e anatômicas em *Schizolobium parahyba* (vell.) Blake (Fabaceae) em resposta a subdoses de saflufenacil

Morphological and anatomical changes in Schizolobium parahyba (vell.) Blake (Fabaceae) in response to saflufenacil subdoses

Hugo Humberto de Araújo

Graduando do curso de Ciências Biológicas (UNIPAM).

E-mail: hugoharaujo@outlook.com

Vinícius de Moraes Machado

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: viniciusmm@unipam.edu.br

Resumo: A utilização de espécies vegetais para avaliação de contaminação ambiental tem-se mostrado um método chave para a compreensão do efeito de substâncias tóxicas, como herbicidas, em plantas não-alvo. Objetivou-se, com este estudo, verificar a morfoanatomia das mudas da espécie *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake em resposta à toxicidade de subdoses do herbicida saflufenacil. O experimental foi composto por 40 mudas de *Schizolobium parahyba*, submetidas à aplicação de saflufenacil nas concentrações 25; 50 e 100 g ha⁻¹ e cultivadas por 90 dias em casa de vegetação. Foram avaliados a fitotoxicidade por meio de escala visual, incremento na altura e diâmetro caulinar, massa seca da porção aérea e radicular além de análises micromorfológicas dos tecidos foliares processados. Foram observadas respostas relacionadas à intoxicação visual e alterações celulares. No entanto, não houve variações para massa seca, incremento em altura e circunferência, sugerindo resistência dessa espécie ao herbicida.

Palavras-chave: Morfoanatomia. Herbicida. Xenobióticos.

Abstract: Using plant to evaluate environmental contamination has been shown to be a key method for understanding the effect of toxic substances, such as herbicides, on non-target plants. This study aim to verify the morfoanatomy of the seedlings of the species *Schizolobium parahyba* (Vell) Blake in response to the toxicity of sub-doses of the saflufenacil herbicide. The experiment was composed of 40 *Schizolobium parahyba* seedlings submitted to saflufenacil at concentrations 25; 50 and 100 g ha⁻¹ and grown for 90 days under greenhouse conditions. It was evaluated parameters of the phytotoxicity by means of visual scale, increase in height and stem diameter, dry mass of the aerial part and root, besides micromorphometric analysis of the processed foliar tissues. Responses related to visual intoxication and cellular alterations were observed. However, there were no variations for dry mass, increase in height and circumference, suggesting resistance of this species to the herbicide.

Keywords: Morphoanatomy. Herbicide. Xenobiotics.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui agricultura com alto nível tecnológico, sendo um dos maiores produtores mundiais de alimentos devido à grande disponibilidade de áreas para agricultura e condições climáticas e do solo privilegiadas. No entanto, para garantir alta produtividade, a agricultura contemporânea faz uso crescente de insumos químicos se comparada a cultivos de subsistência. O Brasil é considerado, desde 2008, o maior consumidor de agrotóxicos do mundo, sendo os herbicidas os mais comercializados no país (IBAMA, 2010; CATTANI *et al.*, 2014).

O Cerrado é um dos domínios mais ameaçados devido à expansão agropecuária e ao manejo inadequado dos seus recursos. Nos últimos 30 anos, 53% das áreas naturais desse domínio foram perdidos, grande parte substituída por plantações. Além disso, com a expansão agrícola, houve aumento do consumo e diversificação de herbicidas que podem contaminar áreas de vegetação nativa próximas às cultivadas (BATALHA, 2011; BEUCHLE *et al.*, 2015).

Em regiões onde há adoção do controle químico, relatos de deriva de herbicidas têm sido constatados com frequência. A própria cultura pode ser atingida pelo herbicida, desencadeando intoxicação, alterações no crescimento e, inclusive, a morte das plantas não-alvo. Dessa forma, a aplicação de maneira incorreta dos herbicidas pode ocasionar danos tanto à cultura quanto à vegetação do entorno, dependendo das concentrações e da susceptibilidade das espécies, além de contaminar corpos hídricos, comprometendo o abastecimento e os ecossistemas aquáticos (DAVIES *et al.*, 2003; TUFFI SANTOS *et al.*, 2007).

A recuperação de ambientes terrestres e aquáticos contaminados com compostos orgânicos e inorgânicos, incluindo os herbicidas, pode ser realizada por intermédio de métodos biológicos, sendo a fitorremediação um processo que vem ganhando destaque devido aos bons resultados obtidos, aos baixos custos e impactos ambientais. Para a implementação desse sistema, é imprescindível a determinação de espécies com potencial remediador, ou seja, que consigam se desenvolver em áreas contaminadas, absorvendo, neutralizando ou barrando contaminantes de modo a torná-los menos danosos ao ambiente (ZHOU *et al.*, 2008).

A sensibilidade das plantas em relação aos herbicidas depende de inúmeros fatores fisiológicos, morfológicos e estruturais. Nas últimas décadas, vários estudos vêm utilizando espécies florestais para avaliação dos efeitos da deriva simulada de subdoses de herbicidas e seletividade deles em espécies nativas como canafístula (*Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby), lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hill.) e pau-santo (*Kielmeyera lathrophyton* Saddi) (FERREIRA *et al.*, 2005; DUARTE *et al.*, 2006; MACHADO *et al.*, 2013).

A investigação de parâmetros morfoanatômicos pode ser utilizada na avaliação de respostas causadas por elementos xenobióticos, como contaminantes ambientais, metais pesados e herbicidas. Essas avaliações possibilitam identificar alterações celulares e morfológicas decorrentes da exposição a elementos potencialmente tóxicos, que podem inclusive levar à morte dos indivíduos (TUFFI SANTOS *et al.*, 2008; MACHADO *et al.*, 2013).

Este estudo se torna relevante na medida em que avaliações da sensibilidade a diferentes herbicidas em espécies vegetais nativas de mata ciliar, como *Schizolobium parahyba* (Fabaceae), são fundamentais na busca por plantas tolerantes para utilização em projetos de fitorremediação, reflorestamento, recuperação e proteção de regiões de mata ciliar, nascentes e corpos hídricos próximos a áreas agricultáveis. Por apresentar um rápido crescimento e desenvolvimento, a *Schizolobium parahyba* é uma espécie recomendada em programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

Objetivou-se, com este estudo, verificar a morfoanatomia das mudas da espécie *Schizolobium parahyba* em resposta à toxicidade de subdoses do herbicida saflufenacil.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HERBICIDAS: HISTÓRICO, CLASSIFICAÇÃO E MECANISMO DE AÇÃO

A utilização de produtos químicos para o controle de plantas daninhas teve início por volta do começo do século XX, utilizando-se sais e ácidos fortes. No entanto, somente a partir de 1940 houve o uso em larga escala dos compostos químicos, denominados então de herbicidas. O termo herbicida deriva do latim *herba* (erva, planta) e *caedere* (matar) e refere-se aos produtos utilizados para controle de plantas daninhas, as quais competem por recursos como luz, nutrientes e água com culturas e espécies florestais, podendo ocasionar queda no desenvolvimento e produtividade destas (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2011).

De modo geral, os herbicidas podem ser divididos, quanto à forma de aplicação, em duas classes: os de solo e os de folhas. Os de folhas podem ser classificados ainda em herbicidas de contato, os quais não são translocados, exercendo seus efeitos principalmente nos locais onde entram em contato com a planta, e em sistêmicos, os quais são absorvidos pelas folhas e translocam-se via xilema-floema para os sítios de ação, geralmente os pontos de crescimento da planta onde atuam (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2011).

O saflufenacil é um herbicida seletivo condicional de contato, pertencente à classe pirimidinadiona (uracila). É recomendado em pré-emergência e apresenta atividade residual no solo. Atua na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox) que está relacionada à síntese da clorofila e dos citocromos. Em doses recomendadas, promove o aumento de radicais livres, altamente reativos, e promovem a peroxidação dos lipídeos nas membranas, acarretando morte celular (BASF, 2018).

2.2 EFEITO DERIVA E ECOTOXICOLOGIA DOS HERBICIDAS

O controle químico ganhou destaque e se difundiu rapidamente devido a seus rápidos resultados, facilidade de aplicação e eficiência, o que demanda menor mão de obra e a redução da reinfestação. No Brasil, os herbicidas são os agrotóxicos mais comercializados. No entanto, seu uso indiscriminado e manejo incorreto podem ocasionar efeitos indesejados como a deriva, a contaminação do solo, da água e de organismos não-alvo (IBAMA, 2010; PEREIRA *et al.*, 2010).

A deriva ocorre quando parte da pulverização de herbicidas desvia para fora da

área de aplicação em decorrência, principalmente, do vento, sendo uma das principais causas da perda de herbicidas. O efeito deriva está relacionado diretamente a fatores como manejo inadequado no momento da aplicação, quantidade de herbicida que é desviado, tamanho das gotículas pulverizadas, doses utilizadas e fatores climáticos. Assim, a depender das condições, a deriva pode ocasionar danos morfológicos e no desenvolvimento das plantas não-alvo e outros organismos (MILLER, 1993; PEREIRA *et al.*, 2010).

Quando esses produtos atingem os ecossistemas aquáticos e terrestres pela deriva, pela lixiviação ou pelo escoamento superficial, podem acarretar uma série de alterações nesses ambientes, afetando diretamente os organismos vivos e comunidades. Os agrotóxicos interferem nas cadeias tróficas e nos ciclos biogeoquímicos, acarretando mudanças na estruturação dos ecossistemas aquáticos e terrestres (DAVIES *et al.*, 2003; ARTS *et al.*, 2008).

Com base nos conhecimentos acerca dos mecanismos de ação desses compostos tóxicos, é possível realizar a identificação dos organismos resistentes ou sensíveis a eles. Logo, a escolha dos agrotóxicos deve levar em consideração diversos fatores como o custo-benefício de seu uso, riscos para o meio ambiente, forma correta de utilização e potencial toxicológico (VAN DEN BRINK *et al.*, 2006).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE EM ESTUDO

A família Fabaceae inclui, aproximadamente, 19000 espécies distribuídas em cerca de 650 gêneros. É uma das famílias mais representativas dentro do grupo das Angiospermas. Em território brasileiro, existem relatos da ocorrência de 200 gêneros e 2700 espécies. A família abrange indivíduos com interesses para fins medicinais, econômicos e ambientais. Existem vários estudos de sensibilidade a herbicidas em espécies dessa família como *Senna multijuga* (Rich.) H.S.Irwin & Barneby (canafístula), *Bowdichia virgilioides* Kunth (sucupira-preta) e *Plathymenia reticulata* Benth. (vinhático) (FERREIRA *et al.*, 2005; SOUZA; LORENZI, 2008; MACHADO *et al.*, 2013).

Schizolobium parahyba (Vell.) Blake, conhecida popularmente como guapuruvu, birosca ou pataqueira, é uma espécie arbórea nativa, pioneira decídua, que ocorre exclusivamente no Brasil e habita preferencialmente formações vegetais secundárias, sendo comum sua ocorrência em matas ciliares ao longo de rios e córregos (SOUZA; LORENZI, 2008).

As folhas dessa espécie são compostas, bipinadas e caracterizadas pelo formato dos folíolos, que são oblongos; as flores são amarelas vistosas, organizadas em inflorescências. A espécie pode ser utilizada para a ornamentação e recuperação de áreas degradadas, devido à alta taxa de propagação e crescimento. Sua madeira é leve e macia, podendo ser utilizada para fins artesanais e produção de celulose e papel (SOUZA; LORENZI, 2008; SAUERSSIG, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no *Campus* I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), situado na cidade de Patos de Minas – MG. As mudas foram obtidas no Viveiro de Mudanças do Instituto Estadual de Florestas (IEF), localizado na Rodovia MG 354, Km 171, Patos de Minas – MG (S 18° 36' 46.57" / W 46° 28' 48.51"). O processamento anatômico foi realizado em parceria com o Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba (UFV-CRP), localizado na BR 354, Km 310, Rio Paranaíba - MG. As avaliações qualitativas e quantitativas referentes aos parâmetros morfológicos e micrométricos foram realizadas no UNIPAM.

3.2 PREPARAÇÃO DAS MUDAS

O plantio e desenvolvimento inicial das mudas de *Schizolobium parahyba* foi realizado no Viveiro de Mudanças do IEF. O substrato para o plantio constituiu-se da mistura de solo (40%), esterco bovino curtido (30%), casca de arroz carbonizada misturada com fibra de coco (30%) e adubo NPK (4-14-8), sendo previamente preparado e distribuído em fitocelas, com volume total de dois litros. As sementes para o plantio foram coletadas de matrizes maduras (plantas adultas em idade reprodutiva), na região próxima ao viveiro.

Para o experimento, foi avaliado um total de 40 mudas de *Schizolobium parahyba*, padronizadas quanto ao tamanho e diâmetro do caule. Elas foram transportadas à casa de vegetação do UNIPAM, onde permaneceram por um período de aclimatação de 15 dias, para comporem o delineamento experimental. As regas foram feitas duas vezes ao dia, sempre nos mesmos horários, sendo que cada muda recebeu 300 mL de água por rega.

3.3 APLICAÇÃO DO HERBICIDA (TRATAMENTOS)

O herbicida utilizado foi o produto comercial Heat® com formulação à base de saflufenacil. A aplicação do herbicida foi realizada com a utilização de um pulverizador manual, munido com bico tipo leque 110-03, apresentando pressão de 3,5 bar, por meio de uma válvula reguladora de pressão, com volume de solução final de 200 L ha⁻¹. Após a aplicação, as mudas permaneceram por um período de 24 horas sem irrigação de modo a garantir a eficácia e melhor absorção do herbicida.

O experimento foi realizado no período de março a junho de 2018, em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo o controle e três tratamentos (T1, T2, T3) com diferentes doses de herbicida e com 10 repetições. As concentrações utilizadas (25; 50 e 100 g ha⁻¹) correspondem a 25, 50 e 100% das doses recomendadas pelo fabricante para controle convencional de plantas daninhas.

A aplicação ocorreu no período matutino. No momento, não havia vento, a temperatura média era de 27 °C e a umidade relativa do ar era de 85%. A fim de se

evitar possível deriva, as mudas foram isoladas com uma barreira física, de modo a garantir a não contaminação entre os tratamentos por deriva. Durante a aplicação, foram utilizados os devidos equipamentos de proteção individual.

3.4 ESCALA VISUAL DE TOXICIDADE E REGISTRO FOTOGRÁFICO

A avaliação visual da fitotoxicidade das mudas em cada tratamento foi realizada nos 12 primeiros dias a partir da aplicação do herbicida, com base na escala da European Weed Research Council (EWRC) (Tabela 1), que varia de 1 a 9, em que a nota 1 indica ausência de sintomas de toxicidade e a nota 9 indica morte das plantas (EWRC, 1964). Padronizou-se o primeiro dia avaliação com nota 1. Para escala de toxicidade, foi ajustado modelo de regressão exponencial, em que todos os parâmetros da equação foram significativos ($p < 0,05$).

Tabela 1 – Escala de fitotoxicidade da European Weed Research Council (EWRC) com notas de avaliação e principais sintomas visuais

NOTAS	SINTOMAS DE FITOTOXICIDADE
1	Ausência de sintomas de toxicidade.
2	Sintomas de toxicidade muito leves, com pequenas alterações visíveis (descoloração, deformação) em algumas plantas.
3	Sintomas de toxicidade leves, com pequenas alterações visíveis (clorose e encarquilhamento) em muitas plantas.
4	Sintomas de toxicidade considerados moderados, com forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose.
5	Sintomas classificados como duvidosos, com necrose de algumas folhas acompanhada de deformação em folhas e brotos.
6	Sintomas que aparentam causar toxicidade forte, com redução no porte das plantas, com encarquilhamento e necrose das folhas.
7	Toxicidade forte com mais de 80% das folhas destruídas.
8	Toxicidade muito forte sobrando pequenas áreas verdes nas plantas.
9	Morte das plantas.

Fonte: Adaptado de EWRC (1964).

Foi feito também o registro fotográfico das mudas, com uso de câmera digital, durante o período de análise, para posterior confecção de pranchas comparativas entre os diferentes tratamentos.

3.5 INCREMENTO EM ALTURA, DIÂMETRO E DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA

A coleta de dados referentes à altura e circunferência da porção aérea das plantas foi feita no dia da aplicação do herbicida e após o período de avaliação (90 dias após a aplicação). A quantificação da altura foi realizada com auxílio de fita métrica inextensível; já os valores referentes ao diâmetro foram coletados com auxílio do

paquímetro digital (CEZAR *et al.*, 2015). O valor de incremento é resultante da diferença entre o valor final (aos 90 dias) e o valor inicial (no dia da aplicação).

Ao término do período de avaliação, foi realizada a separação da porção aérea e radicular das plantas analisadas. As raízes foram lavadas em água corrente para retirada das partículas de solo e foram secas em papel absorvente. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa, com circulação de ar à temperatura de 60°C até obtenção de massa constante (OLIVEIRA, 2010). A massa seca por planta se deu pelo somatório do peso da porção aérea e subterrânea após a secagem.

3.6 PROCESSAMENTO ANATÔMICO E MICROMORFOMETRIA FOLIAR

Decorridos 12 dias após a aplicação (DAA) do herbicida, foram coletados foliólulos de folhas completamente expandidas. Foram coletadas amostras de 0,5 cm² na região mediana da nervura de maior porte dos foliólulos. O processamento do material foi realizado com base nos métodos usuais em anatomia vegetal.

As amostras foliares foram fixadas em FAA_{50%} (formaldeído, ácido acético glacial e etanol) (JOHANSEN, 1940), estocadas em etanol 70%, posteriormente incluídas em hidróxi-etil-metacrilato (Leica Historesin®) e seccionadas em micrótomo rotativo de avanço automático (Leica RM 2255), obtendo-se secções transversais de 7 µm de espessura. As lâminas foram coradas com Azul de Toluidina e montadas com resina sintética "Permunt®" (KRAUS; ARDUIN, 1997). As imagens foram obtidas com auxílio de fotomicroscópio.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

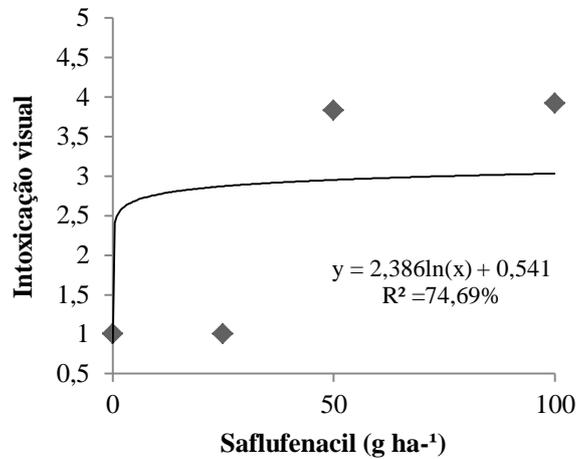
Para os dados de fitotoxicidade visual, foi aplicada regressão exponencial. Os dados quantitativos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e ao teste Tukey para dados morfológicos e Scott-Knott para variáveis anatômicas, ambos a 5% de significância. Os dados foram analisados pelo pacote estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESCALA VISUAL DE TOXICIDADE

O saflufenacil ocasionou respostas de intoxicação visual em todos os tratamentos, com exceção da menor dose (25 g ha⁻¹). Os aumentos das doses do herbicida estimularam maiores danos visuais. A análise de regressão (Gráfico 1) foi significativa para o modelo testado ($p < 0,05$).

Gráfico 1- Análise de regressão para intoxicação visual das mudas *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae) submetidas a diferentes doses do herbicida saflufenacil para um período de 12 dias de avaliação.



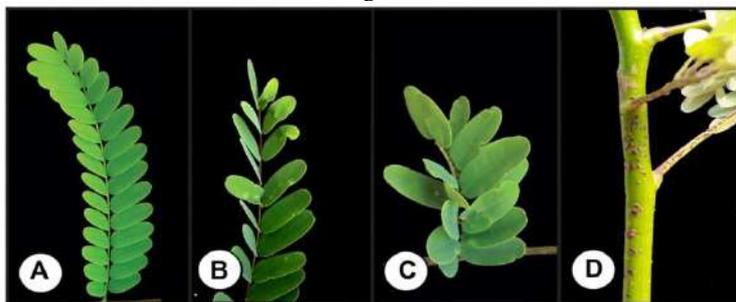
Fonte: Dados da pesquisa.

Quando submetidas ao saflufenacil, os danos observados incluíram surgimento de manchas necróticas pontuais no limbo e no caule, queda das folhas mais jovens no terço superior da planta e do meristema apical caulinar nas maiores doses e encarquilhamento dos foliólulos (Figura 1). Esses sintomas foram similares aos observados por Almeida Rodrigues (2017) em *Coffea arabica* na dose de saflufenacil de 49 g ha⁻¹ e em associação com outros herbicidas.

Os primeiros sintomas, como manchas claras, surgiram no terceiro DAA nas plantas submetidas às maiores doses do herbicida. Do quarto ao sexto DAA em *S. parahyba*, houve o surgimento de poucas manchas necróticas bem definidas, em algumas plantas apenas, sendo que na concentração de 25 g ha⁻¹ não foram observadas alterações em nenhuma planta.

Experimento conduzido por Almeida Rodrigues (2017) com diferentes herbicidas mostrou que o saflufenacil puro, em associação com sethoydim, causou os maiores níveis de injúria no sétimo DAA. Houve formação de lesões necróticas amareladas em folhas mais velhas, necrose nas folhas e brotos jovens, além de necrose marginal no limbo. Esses resultados foram, em parte, similares aos observados em *S. parahyba*.

Figura 1 - Morfologia dos folíolos de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae) após a aplicação do herbicida saflufenacil. Em que: A = Controle, sem alterações; B = dose de 50 g ha⁻¹, evidenciando manchas necróticas, C = dose de 100 g ha⁻¹, evidenciando encarquilhamento e D = dose de 100 g ha⁻¹, evidenciando manchas no caule.



Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do oitavo DAA, houve estabilização dos principais sintomas visuais. As manchas necróticas tornaram-se mais intensas, com encarquilhamento de algumas folhas mais jovens, porém sem queda das folhas e poucos danos ao caule. No tratamento com menor concentração de saflufenacil, não foram observadas alterações em *S. parahyba*.

O surgimento de sintomas de necrose e clorose nos tecidos foliares pode ser justificado pelo mecanismo de ação do herbicida. O saflufenacil, assim que entra em contato com as células fotossintéticas, compete com a enzima PROTOX, impedindo a produção de protoporfirinogênio – IX e provocando o acúmulo de protoporfirinogênio no cloroplasto. A protoporfirina IX, fora do sítio de reação, origina oxigênio singlete (¹O₂), um radical livre altamente reativo, a partir da reação com luz e oxigênio. Esse radical livre promove a peroxidação lipídica de membranas, o que pode ocasionar a morte celular (CARVALHO; NETTO, 2016).

Nas mudas submetidas ao saflufenacil aos 90 DAA, as manchas necróticas permaneceram nas folhas da porção inferior, sem outros danos visíveis. Houve rebrota total na região do ápice caulinar afetado, com surgimentos de folhas saudáveis, sem danos visíveis. A recuperação da porção aérea, com emissão de folhas saudáveis, indica seletividade ao herbicida e está relacionada ao mecanismo de ação local do saflufenacil e sua maior eficiência em plantas nos primeiros estádios de desenvolvimento.

4.2 INCREMENTO EM ALTURA, DIÂMETRO CAULINAR E MASSA SECA

Quanto aos parâmetros de incremento na altura e diâmetro caulinar nos tratamentos submetidos a doses crescentes de saflufenacil, observou-se aos 90 DAA que para a espécie não houve variações significativas no incremento na altura e diâmetro na altura do coleto (Tabela 2).

Resultados similares foram obtidos por Almeida Rodrigues (2007) em plantas de *Coffea arabica* L., em que também não houve interferência no crescimento, e por Paz (2017) em plantas de *Khaya senegalensis* A. Juss. submetidas à dose de 98 g ha⁻¹ para o mesmo herbicida.

De acordo com Carvalho e Netto (2016), plantas jovens (estádio inicial de desenvolvimento) que apresentam até seis pares de folhas são mais sensíveis aos herbicidas inibidores de PROTOX, como o saflufenacil. As mudas testadas apresentaram estágio de desenvolvimento avançado, o que pode justificar os valores de altura e diâmetro caulinar não significativos para ambas as espécies submetidas ao herbicida.

Os sintomas de intoxicação visuais como surgimento de manchas necróticas nas folhas e encarquilhamento não interferiram de maneira significativa no incremento, na altura e diâmetro caulinar.

Tabela 2 - Análise de variância e comparação das médias (teste Tukey) para incremento na altura e diâmetro caulinar de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae) submetidas a diferentes doses do herbicida saflufenacil

FV	GL	Valores de F	
		Diâmetro	Altura
Tratamento	3	0,249 ^{ns}	0,997 ^{ns}
CV (%)		29,09	36,62
		Médias (cm)	
Controle		4,252 a	21,950 a
T1 (25 g ha ⁻¹)		4,059 a	17,150 a
T2 (50 g ha ⁻¹)		4,158 a	22,250 a
T3 (100 g ha ⁻¹)		3,817 a	21,500 a
MG		4,071	20,712

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Em que: GL = grau de liberdade, CV = coeficiente de variação, MG = média geral. FV: fonte de variação; ^{ns}: não significativo ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Oliveira Júnior (2011), os fatores que determinam a seletividade de espécies vegetais ligados à própria planta estão relacionados a retenção e absorção diferenciadas, cultivar utilizada, translocação diferencial, idade, estágio fenológico e mecanismos de desintoxicação. Quanto à seletividade, em herbicidas com ação inibidora de PROTOX, as espécies consideradas tolerantes apresentam, em geral, rápida recuperação das folhas afetadas. Além disso, a espécie possui rápido desenvolvimento, o que pode ter contribuído para os resultados observados.

A ausência de sintomas visuais nas menores doses do herbicida e a não interferência no crescimento e incremento caulinar sugerem que *S. parahyba* é uma espécie tolerante a esse herbicida.

Para *S. parahyba*, em todas as dosagens do herbicida, não houve variação nos valores de massa seca entre os tratamentos (Tabela 3), apesar dos danos visuais registrados na porção aérea. Nos tratamentos com saflufenacil, não houve sintomas de fitotoxicidade e de danos no sistema radicular, que se mostrou íntegro para ambas as espécies em todas as doses do herbicida.

Tabela 3 - Análise de variância e comparação das médias (teste Tukey) para massa seca da porção aérea (MSPA), radicular (MSPR) e total (MST) de mudas *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae) submetidas a diferentes doses do herbicida saflufenacil

FV	GL	Valores de F		
		MSPA	MSPR	MST
Tratamento	3	1,58 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,56 ^{ns}
CV (%)		27,45	24,26	39,18
		Médias (g)		
Controle		33,65 a	9,85 a	43,50 a
T1 (25 g ha ⁻¹)		26,15 a	8,93 a	35,14 a
T2 (50 g ha ⁻¹)		28,86 a	10,65 a	39,50 a
T3 (100 g ha ⁻¹)		28,09 a	10,49 a	38,58 a
MG		29,18	9,99	39,18

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Em que: GL = grau de liberdade, CV = coeficiente de variação, MG = média geral. FV: fonte de variação; ns: não significativo ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa.

Resultados similares foram obtidos por Almeida Rodrigues (2017) em mudas de *Coffea arabica* submetidas ao saflufenacil; não foi verificado nenhum tipo de alteração ou comprometimento do sistema radicular nas mudas de café. De acordo com Grossmann *et al.* (2011), a ação de contato deste herbicida e o modo de aplicação (diretamente sobre a parte aérea) são responsáveis pela ausência de interferência no sistema radicular.

4.4 MICROMORFOMETRIA E ALTERAÇÕES ANATÔMICAS QUALITATIVAS

A análise anatômica permitiu observar que, em *S. parahyba*, as folhas apresentam epiderme uniestratificada e são hipoestomáticas. As células da epiderme da face adaxial de *S. parahyba* são maiores que as da face abaxial. O mesofilo é dorsiventral, com parênquima paliçádico constituído de uma única camada de células, o qual ocupa cerca de metade do mesofilo. O parênquima lacunoso apresenta de 4-6 camadas de células, de formato irregular, com muitos espaços intercelulares.

Houve alterações significativas para espessura dos tecidos foliares (Tabela 4). O saflufenacil nas doses de 25 e 50 g ha⁻¹ em *S. parahyba* promoveu o aumento na espessura da lâmina foliar, enquanto, no controle e na maior dosagem, a espessura total se manteve menor. Para os valores do parênquima paliçádico, houve aumento da espessura na menor dose. Esses dados sugerem que, em baixas concentrações, o saflufenacil estimula o espessamento foliar em *S. parahyba*, devido, principalmente, ao espessamento do mesofilo.

Tabela 4 – Valores de F e teste de médias, teste Scott-Knott a 5% de significância para micromorfometria das folhas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae) submetidas a diferentes doses do herbicida saflufenacil. Em que: EAD = epiderme da face adaxial, PP = parênquima paliçádico, PL = parênquima lacunoso, EAB = epiderme da face abaxial e LMB = limbo.

FV	GL	Valores de F				
		EAD	PP	PL	EAB	LMB
Tratamento	3	13,38*	21,28*	12,90*	3,92*	7,73*
CV (%)		18,45	17,28	19,79	36,19	12,17
		Médias (μm)				
Controle		17,48 a	48,55 d	44,04 b	12,15 b	122,22 b
T1 (25 g ha ⁻¹)		15,46 b	56,15 b	46,17 a	12,33 b	130,12 a
T2 (50 g ha ⁻¹)		14,66 c	59,38 a	42,04 b	12,22 b	128,31 a
T3 (100 g ha ⁻¹)		16,07 b	51,72 c	38,26 c	14,25 a	120,31 b
MG		15,92	53,95	42,63	12,74	125,24

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; GL = grau de liberdade, CV = coeficiente de variação, MG = média geral. FV: fonte de variação; *: significativo ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

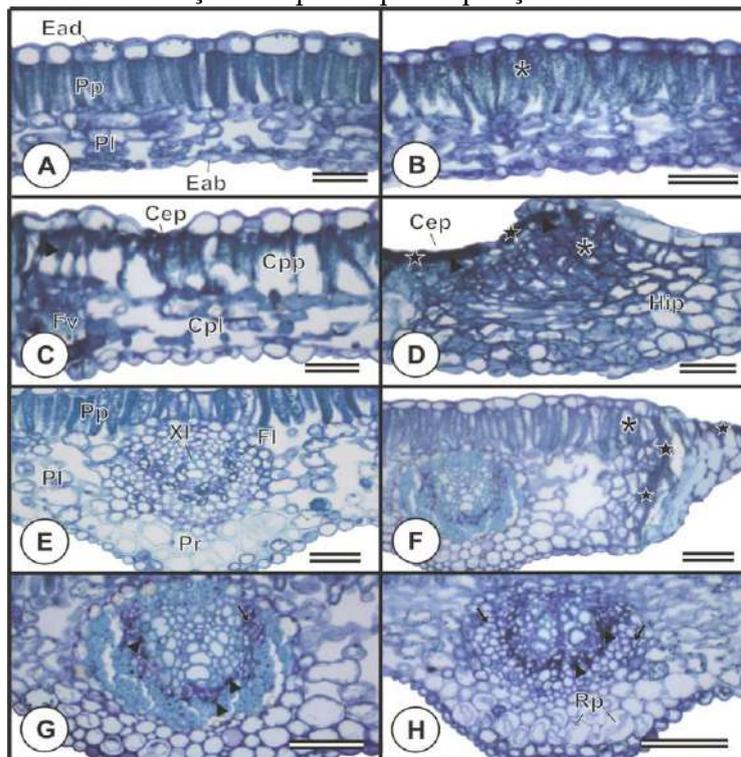
Fonte: Dados da pesquisa.

Esses dados demonstram que a resposta anatômica pode ser muito específica em diferentes organismos, mesmo se tratando de um único herbicida, como observado neste estudo. Fatores genéticos podem ocasionar esses diferentes mecanismos de ação nas plantas não alvo, além do efeito de hormese observado em alguns estudos com compostos fitotóxicos (CALABRESE; BALDWIN, 2000; FERREIRA *et al.*, 2005).

As variações significativas nos parâmetros micromorfométricos de *S. parahyba* submetidos ao herbicidas reforçam a importância de se avaliarem essas variáveis, visto que alterações nos tecidos podem ser observadas antes da instalação de danos visuais. Para Marques *et al.* (2012), a organização anatômica foliar de tecidos como tricomas, epidermes, feixes vasculares, parênquimas e espessura da lâmina foliar podem ser indicativos associados a diferentes graus de intoxicação e de sensibilidade ou resistência aos herbicidas.

Quanto às alterações anatômicas, o saflufenacil causou danos celulares (Figura 2) sendo que nas maiores doses as alterações foram mais marcantes.

Figura 2 - Anatomia foliar (corte transversais – microscopia de luz) de *Schizolobium parahyba* 12 dias após a exposição das doses crescentes do herbicida saflufenacil. Controle (A e E). Submetidas a 25 g ha⁻¹ (B); 50 g ha⁻¹ (C, F e G) e 100 g ha⁻¹ (D e H). Em que: Ead = epiderme da face adaxial; Eab = epiderme da face abaxial; Pp = parênquima paliçádico; Pl = parênquima lacunoso; Fv = feixe vascular; Xl = xilema; Fl = floema; Pr = parênquima; Hip = hiperplasia celular; Cpp = colapso do parênquima paliçádico; Cep = colapso da epiderme; Cpr = colapso do parênquima; Rp = retração do protoplasto; Seta preta = alterações no floema; Ponta de seta = acúmulo de compostos; Estrela = necrose; Asterisco = alterações no parênquima paliçádico. Barras: 50 µm.



Fonte: Dados da pesquisa.

Nas maiores doses, os primeiros sintomas foram a formação de manchas necróticas isoladas no limbo e no mesofilo, além de colapso das células (Figura 2 – D e F). As células do mesofilo ao entorno da necrose sofreram hiperplasia limitando-se à região, sem atingir tecidos mais distantes (Figura 2 – D). Na maior dose de saflufenacil em *S. parahyba*, foram observados danos no floema da nervura de maior porte e retração do protoplasto de células parenquimáticas próximas (Figura 2 – H).

A formação de manchas necróticas nas plantas submetidas ao saflufenacil decorre da peroxidação das membranas celulares desencadeada pela formação de radicais livres, já que o herbicida é inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox) (QUEIROZ *et al.*, 2014). Os compostos intensamente corados observados são similares a compostos fenólicos (Figura 2 – C, D, G e H), no entanto a confirmação depende de testes histoquímicos. De acordo com Dickson (2000), as interações entre plantas e fatores artificiais, como os poluentes ambientais, podem influenciar a formação desses compostos.

A ação de contato explica o surgimento de necroses localizadas em pontos

específicos do limbo, atingindo apenas tecidos próximos. No entanto, como afirmam Ashigh e Hall (2010), esse herbicida possui propriedades químicas e físicas que possibilitam sua translocação via floema. Isso possibilitou o surgimento de alterações visíveis nesse tecido (Figura 2 – G e H), que foi intensamente corado e apresentou células com parede irregular.

5 CONCLUSÃO

Houve alterações morfológicas e anatômicas nas mudas de *S. parahyba* submetidas ao saflufenacil em subdoses. Em maiores doses, o herbicida provocou danos intensos, principalmente em termos de intoxicação visual e alterações celulares, no entanto sem comprometer a produção de massa seca e incremento em altura e circunferência ao final do experimento. Sugere-se então que *S. parahyba* possui características de resistências ao saflufenacil nas doses testadas.

Este estudo reforça também a importância da avaliação de parâmetros morfoanatômicos para avaliação da sensibilidade a contaminantes ambientais, visto que foram observadas alterações celulares mesmo sem variações morfológicas significativas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) pelo apoio financeiro e logístico. Ao Instituto Estadual de Florestas (IEF) pelo fornecimento das mudas. Ao Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa – CRP pela parceria no processamento histológico das amostras vegetais. À Prof^a. Dra. Jaqueline Dias Pereira pelas considerações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA RODRIGUES, R. J. **Eficácia e seletividade de herbicidas isolados e em associações no cafeeiro**. 2017. 108 p. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

ARTS, G. H. P. *et al.* Sensitivity of submersed freshwater macrophytes and endpoints in laboratory toxicity tests. **Environ. Pollut.** v. 153, p.199–206, 2008.

ASHIGH, J. J.; HALL, C. Bases for interactions between saflufenacil and glyphosate in plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 58, n. 12, p. 7335-7343, 2010.

BASF . **HEAT®. Hannibal Plant**. São Paulo: BASF, 2018. Bula de herbicida.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotrop.** , v. 11, n.1. 2011.

BEUCHLE, R. *et al.* Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling . **Appl. Geogr.** v. 58, p.116-127, 2015.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Defning hormesis. **Human & Experimental Toxicology**, Hampshire, v. 21, n. 1, p. 91-97, 2002.

CARVALHO, S. J. P.; NETTO, A. G. Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas aos Inibidores de PROTOX (GRUPO E). In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (coord.) **Aspectos da Resistência de Plantas Daninhas**. 4. ed. Piracicaba: ESALQ, p.151-164, 2016.

CATTANI, D. *et al.* Mechanisms underlying the neurotoxicity induced by glyphosate-based herbicide in immature rat hippocampus: Involvement of glutamate excitotoxicity. **Toxicology**, v.320, p.34-45, 2014.

CEZAR, A. M. A. *et al.* Aplicação foliar de GA3 no crescimento e desenvolvimento de *Passiflora edulis* Sims f. Flavicarpa Degener. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 902 -912, dez. 2015.

DAVIES, J. *et al.* Herbicide risk assessment for non-target aquatic plants: sulfosulfuron – a case study. **Pest. Manag. Sci.**, v. 59, p. 231–237, 2003.

DICKISON, William C. **Integrative Pant Anatomy**. California, Academic Press. 2000.

DUARTE, N. F. *et al.* Seletividade de herbicidas sobre *Myracrodruon urundeuoa* (aroeira). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 2, p. 329-337, 2006.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of 3rd and 4rd meetings of EWRC. Cittee of methods in weed research. **Weed Research**, Oxford, v.4, n.1, p.88. 1964.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**.Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, R. A. *et al.* Efeito de herbicidas de pré-emergência sobre o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, p.133-145, 2005.

GROSSMANN, K. *et al.* The herbicide saflufenacil (KixorTM) is a new inhibitor of protoporphyrinogen IX oxidase activity. **Weed Sci.**, v. 58, n. 1, p. 1-9, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil**: uma abordagem ambiental. Brasília: IBAMA, 84 p. 2010.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York : Mc Graw-Hill, 1940. 523p.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198 p.

MACHADO, V. M. *et al.* Sensibilidade de mudas de espécies florestais nativas ao glyphosate. **Biosci J.** v. 29, n. 19, p.41-51, 2013.

MARQUES, R.P. *et al.* Características da anatomia foliar de espécies de braquiária e sua relação com a sensibilidade a herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 4, p. 809- 816, 2012.

MILLER, P.C.H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. Application technology for crop protection. Trowbridge: CAB International, 1993. p. 101-122.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. *In*: OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. p. 141-192.

OLIVEIRA, C. **Características morfoanatômicas e fisiológicas na avaliação do potencial bioindicador e fitorremediador de Pistia stratiotes L. na presença de cádmio, chumbo e arsênio**. 2010. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PAZ, L. C. CRUZ, C. **Resposta do mogno africano a herbicidas fotodependentes**. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Proteção em Plantas – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2017.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Efeito da deriva de glyphosate sobre algumas características fisiológicas em plantas de eucalipto. **Interciência**, v.35, n.4, p.279-283, 2010.

QUEIROZ, L.S. *et al.* Morpho-anatomical changes of pequi leaves (*Caryocar brasiliense* Cambess.) exposed to simulated drift of glyphosate. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p.669-677, ago. 2016.

SAUERSSIG, D. *Plantas do Brasil: árvores nativas*. Irati: Plantas do Brasil, 2014. v. 1.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

TUFFI SANTOS, L. D. *et al.* Morphological responses of different eucalypt clones submitted to glyphosate drift. **Environ. Exp. Bot.**, v. 59, p.11-20, 2007.

TUFFI SANTOS, L. D. *et al.* Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 9-16, 2008.

VAN DEN BRINK, P. J. *et al.* Predictive value of species sensitivity distributions for effects of herbicides in freshwater ecosystems. **Hum. Ecol. Risk Assess**, v.12, p. 645-674, 2006.

ZHOU, Q. A. *et al.* Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. **Analytica Chimica Acta**. Amsterdam, v. 606, n. 2, p. 135-150, jan. 2008.

Análise da influência da injeção eletrônica e da mistura nas curvas características de um motor ciclo Otto

Analysis of the influence of electronic injection and mixing on the characteristic curves of an Otto cycle engine

Tony Corrêa Silva

Graduando do curso de Engenharia Mecânica (UNIPAM).

E-mail: tonycorrea@unipam.edu.br

João Rodrigo Andrade

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: joaorandrade@unipam.edu.br

Resumo: Nos últimos anos, o Brasil teve um aumento significativo na frota de veículos. Nos últimos doze anos, a frota praticamente dobrou. Grande parte dos veículos é movida a combustíveis fósseis, e o uso desses combustíveis em longo prazo é prejudicial à saúde humana e ao ambiente. O mau gerenciamento do sistema de injeção de combustível aumenta significativamente os danos, principalmente porque, no Brasil, não há leis rigorosas sobre o assunto. No presente trabalho, foi realizada uma análise do sistema de alimentação de um motor ciclo Otto com intuito de melhorar a eficiência das curvas características do sistema.

Palavras-chave: Motores de combustão interna. Injeção eletrônica. Carburador. Ciclo Otto. Curvas características.

Abstract: In recent years, Brazil has had a significant increase in the fleet of vehicles. In the last twelve years, the fleet has practically doubled. A great part of these vehicles are powered by fossil fuels, and the use of these fuels in the long run are harmful to human health and the environment. Bad management of the fuel injection system significantly increases the damage, mainly in Brazil because there are no strict laws on the subject. In the present work an analysis of the fuelling system of an Otto cycle engine was carried out, aiming at improving the efficiency of the characteristic curves of the system.

Keywords: Internal combustion engines. Electronic injection. Carburetor. Otto cycle. Characteristic curves.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), de 2007 a 2017, a frota de veículos no Brasil teve um aumento de aproximadamente quarenta e oito milhões de unidades, totalizando quase noventa e sete milhões de veículos. Com base nos dados do IBGE, o país possui um pouco mais de dois habitantes por veículo. Segundo a base de dados do Denatran, grande parte desses veículos é movida a

combustíveis fósseis, e o uso prolongado desses combustíveis é responsável por danos ambientais, que também são prejudiciais à saúde humana. Uma das alternativas para reduzir os danos é analisar e desenvolver meios para que os motores sejam menos poluentes.

O mau gerenciamento do sistema de injeção de combustível, juntamente com o aumento do número de veículos leves, aumenta significativamente os danos ambientais, principalmente no Brasil, porque não existem leis rigorosas, permitindo índices de poluição relativamente altos quando comparado aos dos países desenvolvidos. Nesse contexto, no presente trabalho será realizada uma análise do sistema de injeção eletrônica de um motor de combustão interna movido à gasolina, com intuito de melhorar a eficiência do sistema.

Com o aumento significativo de veículos no Brasil, há também um aumento de consumo de combustível, pois a grande maioria desses veículos é movida a combustíveis fósseis, e o uso prolongado desses combustíveis é responsável por danos ambientais, e eles são prejudiciais à saúde humana. Uma das alternativas para reduzir esses danos é analisar e aprimorar o sistema de injeção de combustível dos motores ciclo Otto.

A injeção eletrônica tem grande destaque nesse meio, pois o mau gerenciamento do sistema de injeção de combustível aumenta significativamente os danos ambientais.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 CICLO OTTO – HISTÓRICO E DESENVOLVIMENTO

Segundo Varella (2006), até o início do século XIX acreditava-se que o calor era um fluido chamado calórico contido em todos os objetos quentes que possuíam mais fluido calórico que os objetos frios; quando os dois entravam em contato, esse fluido passava de um para o outro a fim de se estabelecer o equilíbrio. O equívoco desse conceito atrasou o desenvolvimento da termodinâmica e, conseqüentemente, a construção dos motores a combustão.

De acordo com Varella (2006), Laplace e Lavoisier (1783) apresentaram o conceito de calor específico. Nessa mesma época, esboçou-se a ideia de que o calor era uma forma de energia. Papin construiu a primeira máquina a vapor usando o princípio de que o volume de um gás é inversamente proporcional à sua pressão. Vom Rumford (1798) notou o surgimento do calor por fricção. Mayer e Poisson (1842) calcularam a equivalência do trabalho em calor a partir da expansão adiabática dos gases e definiram a equação do gás ideal. Joule mediu diretamente a equivalência do trabalho e calor.

Segundo Varella (2006), sucessivas descobertas foram feitas até que Helmholtz (1847) concluiu a primeira lei da termodinâmica sobre a conservação da energia. Clausius (1865) concluiu a segunda lei sobre a disponibilidade de calor para conversão em energia mecânica (entropia).

De acordo com Varella (2006), James Watts construiu, em 1767, um motor a vapor com sistema de resfriamento de cilindros. B. Thompson (1907), conde Rumford,

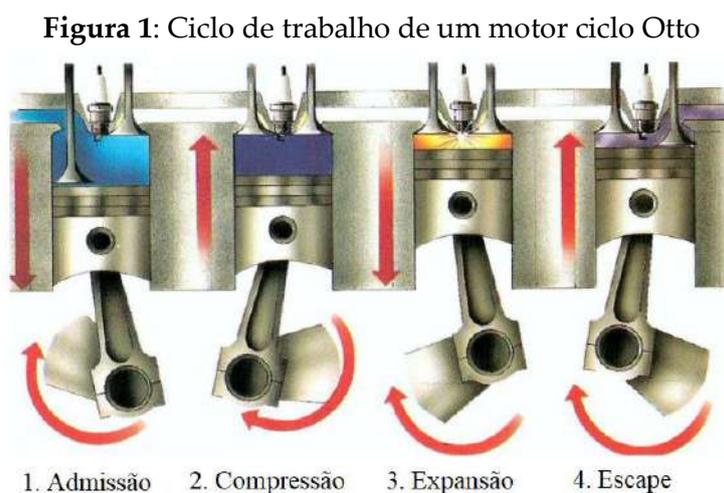
durante a construção de um canhão, começou a observar a equivalência entre calor e trabalho, aumentando com isso as possibilidades de cálculos sobre os motores. O inventor da iluminação a gás, Phillip Leben, em 1801, a patente de um motor de combustão, que funcionava tendo como princípio a expansão dos gases proveniente da combustão de uma mistura ar e gás inflamado.

Para Varella (2006), em 1862, Beau de Rochás propôs e patenteou os princípios de funcionamento dos motores de 4 tempos de combustão interna com êmbolos, que, devido a suas características, apresentavam condições de eficiência elevada. Segundo Varella (2006), Beau de Rochás nunca obteve sucesso na aplicação de suas teorias, ou seja, nunca conseguiu construir seu motor.

Na sua exposição, Varella (2006) menciona Nikolaus August Otto (1876), alemão, caixeiro viajante e sócio de uma fábrica de motores a gás. Foi esse alemão quem construiu o motor silencioso chamado de OTTO. Após esse experimento, Otto conseguiu formar uma opinião e solidificar seus conhecimentos para, somente em 1878, apresentar seu motor na Feira Internacional de Paris.

2.1.1 Funcionamento

De acordo com Brunetti (2012), o ciclo de Otto é um ciclo termodinâmico que descreve o funcionamento de um motor de pistão de ignição por centelha. É o ciclo termodinâmico mais comum em motores de automóveis. Nesses motores, o ciclo de trabalho corresponde a duas voltas da árvore de manivelas. À medida que a árvore de manivelas realiza o movimento rotativo, os pistões se movem dentro dos cilindros. As bielas são responsáveis por transmitir o movimento dos pistões para a árvore de manivelas. Com as duas voltas da árvore de manivelas, os quatro tempos são executados, como mostra a figura a seguir.



Fonte: <http://www.oleodieselparageradores.com.br/como-e-o-funcionamento-de-combustao-interna/>

Os quatro tempos de um motor Otto estão descritos a seguir.

1. Admissão: caracteriza-se pelo movimento do pistão do ponto mais alto de seu curso (ou ponto morto superior, PMS) até o ponto mais baixo (ou ponto morto inferior, PMI), com a válvula de admissão aberta e a válvula de escape fechada. Com o movimento do pistão, a mistura ar-combustível flui para dentro do cilindro.
2. Compressão: o pistão se desloca do PMI para o PMS, com as válvulas fechadas, comprimindo a mistura na câmara de combustão. O sistema de ignição produz uma centelha através da vela de ignição. A centelha provoca a queima da mistura, fazendo a pressão do cilindro elevar-se.
3. Expansão/Explosão: a alta pressão no cilindro, causada pela queima da mistura, faz o pistão deslocar do PMS para o PMI, com as válvulas fechadas. Durante esse ciclo, a energia contida no combustível é liberada.
4. Exaustão: o pistão desloca-se do PMI para o PMS; a válvula de exaustão se abre permitindo que o produto da queima da mistura seja expelido para a atmosfera.

2.2 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

O sistema de alimentação é um conjunto de mecanismos que tem por função fornecer ao motor as quantidades adequadas de ar e combustível, de acordo com as condições impostas.

De acordo com Brunetti (2012), o carburador ainda é utilizado em aplicações de baixa potência, nas quais as limitações de emissão de poluentes são menos restritivas. A injeção de combustível, além de mais precisa, permite melhores resultados no controle de emissões, podendo ocorrer no coletor de admissão (PFI – *Port Fuel Injection*) ou diretamente na câmara (GDI – *Gasoline Direct Injection*).

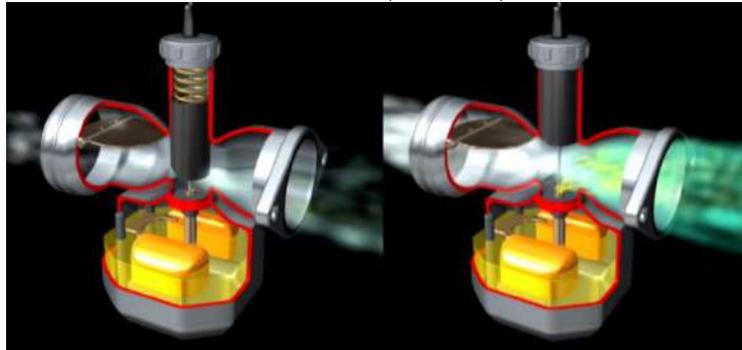
2.2.1 Carburador

O carburador é um componente mecânico responsável pela alimentação de um motor de combustão interna. É responsável pela criação da mistura ar-combustível e a dosagem da mistura. Seu funcionamento é totalmente mecânico. O carburador passou por algumas mudanças antes de ser finalmente substituído pela injeção eletrônica. O carburador possui uma manutenção relativamente mais barata comparado com a injeção eletrônica, porém possui maior consumo, é mais poluente, além da necessidade de manutenção periódica.

Segundo Brunetti (2012), o carburador promove a dosagem da quantidade de combustível desejada para certa vazão de ar admitida no motor. Constitui-se de um reservatório, no qual o nível do combustível é mantido aproximadamente constante por uma boia, e uma válvula de agulha regula a entrada de combustível. A vazão de ar é regulada pela perda de carga estabelecida por uma borboleta aceleradora, à qual o operador tem acesso por meio do acelerador.

O funcionamento de um carburador, uma forma simplificada, de acordo com Truosolo (2012), é através de um conector acionado pelo acelerador, ligado a um controlador da vazão dentro de um tubo de Venturi. Esse tubo é responsável pela passagem e entrada de combustível para o coletor de admissão.

Figura 2: Funcionamento de um carburador simples em marcha lenta (à esquerda) e acelerado (à direita)

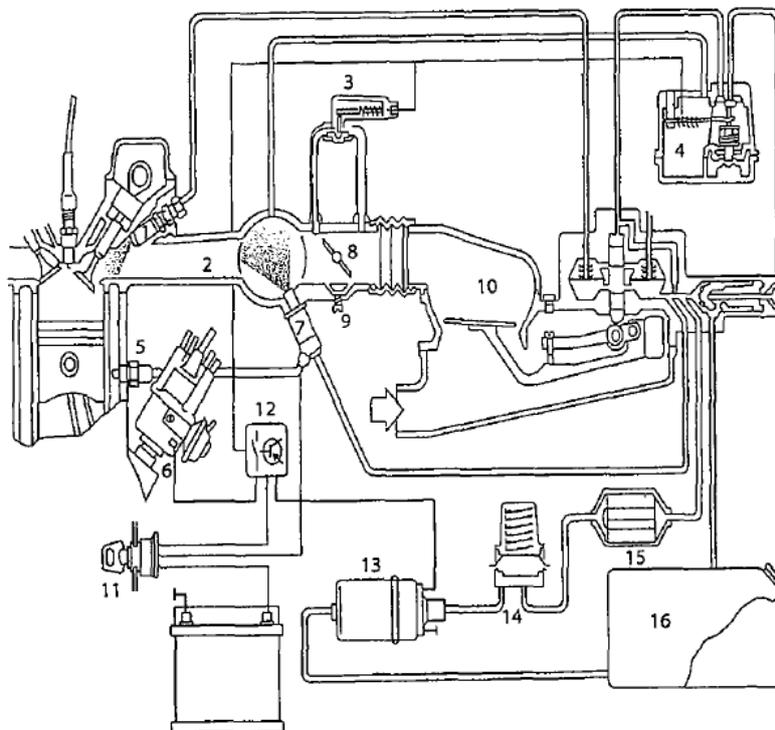


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=cYPSk6FZiqA>

2.2.2 Injeção Mecânica

Segundo Brunetti (2012), o sistema de injeção mecânica é utilizado em aviões desde 1925. Esse sistema independe dos efeitos da gravidade, permitindo trabalhar em qualquer posição, garantindo uma pequena vantagem sobre o carburador. A partir de 1950, começou a ser utilizado em veículos de competição. Porém, esse sistema possui várias desvantagens quando comparado com a injeção eletrônica, pois não possui sistema eletrônico de gerenciamento, injetando combustível continuamente.

Figura 3: Sistema mecânico de injeção de combustível. Motores de combustão interna



Fonte: Brunetti (2012, vol. 1, p. 461)

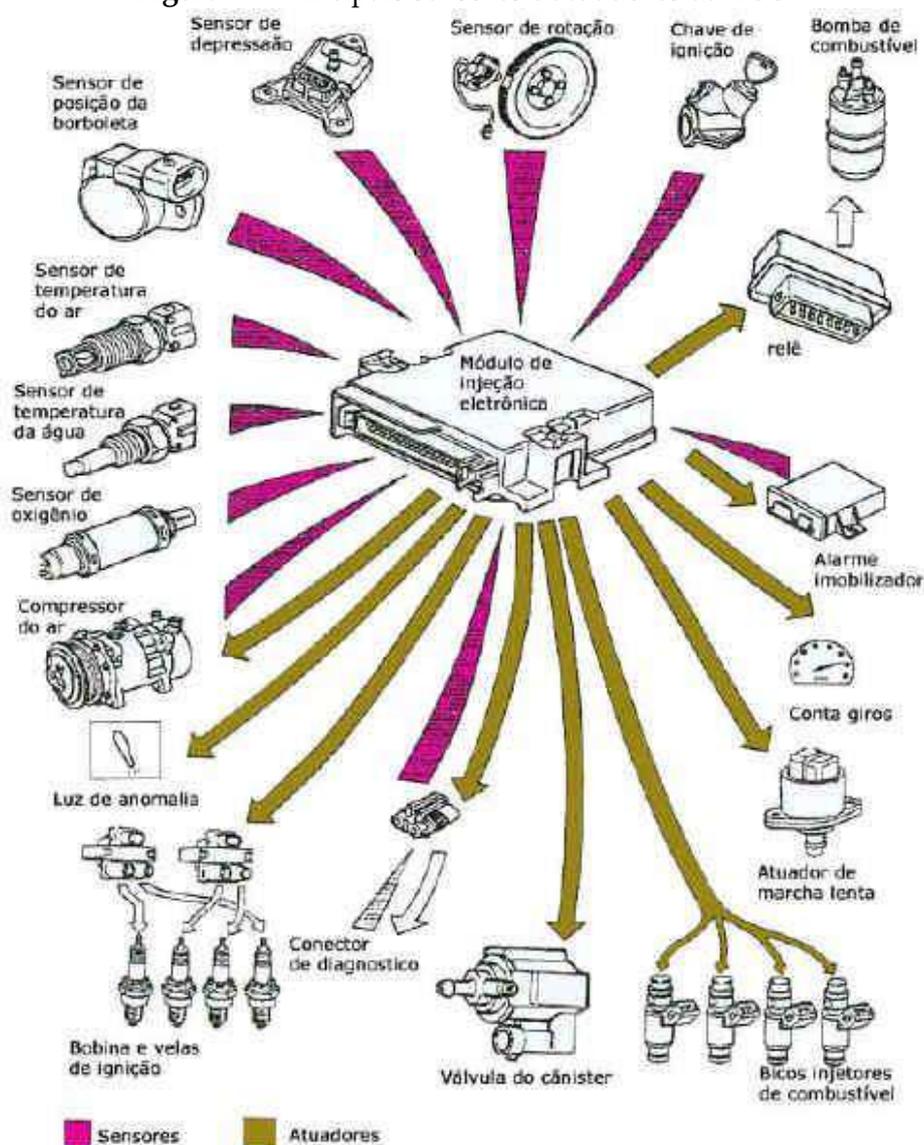
Na figura acima, estão apresentados os seguintes componentes: 1. Injetor de combustível; 2. Coletor de admissão; 3. Regulador de ar adicional; 4. Regulador de pressão de comando; 5. Sensor de temperatura do motor (NTC); 6. Distribuidor de ignição; 7 Injetor suplementar; 8. Borboleta de aceleração; 9. Parafuso de regulagem da marcha lenta; 10. Regulagem de mistura; 11. Chave de ignição; 12. Relé de comando; 13. Bomba de combustível; 14. Acumulador de combustível; 15. Filtro de combustível e 16. Tanque de combustível.

2.2.3 Injeção Eletrônica

De acordo com Brunetti (2012), os requisitos cada vez mais exigentes para as emissões dos gases de escape fazem com que se busquem métodos cada vez mais aperfeiçoados e independentes de recursos humanos, para a alimentação de combustível dos motores. A injeção eletrônica de combustível para motores ciclo Otto é um desenvolvimento antigo, que saiu de modelos puramente mecânicos, que foram desenvolvidos graças à evolução e à redução de custos pelos quais passou a eletrônica. As principais vantagens da injeção eletrônica, comparada aos sistemas de alimentação acima, são maior controle da mistura ar-combustível, maior economia de combustível, melhor dirigibilidade, (principalmente a frio), controle automático de rotações máximas e mínimas do motor e melhor controle do nível de emissões.

Além disso, a injeção eletrônica possui uma Unidade de Comando do Motor, conhecida como *Engine Control Unit* (ECU), popularmente conhecida como módulo de injeção; é praticamente o cérebro de um motor, capaz de adquirir as principais informações dos sensores a bordo do veículo e de controlar os diversos atuadores no veículo.

Figura 4 – Principais sensores e atuadores da ECU



Fonte: <http://www.ssautomotiva.com.br/injecao-eletronica>

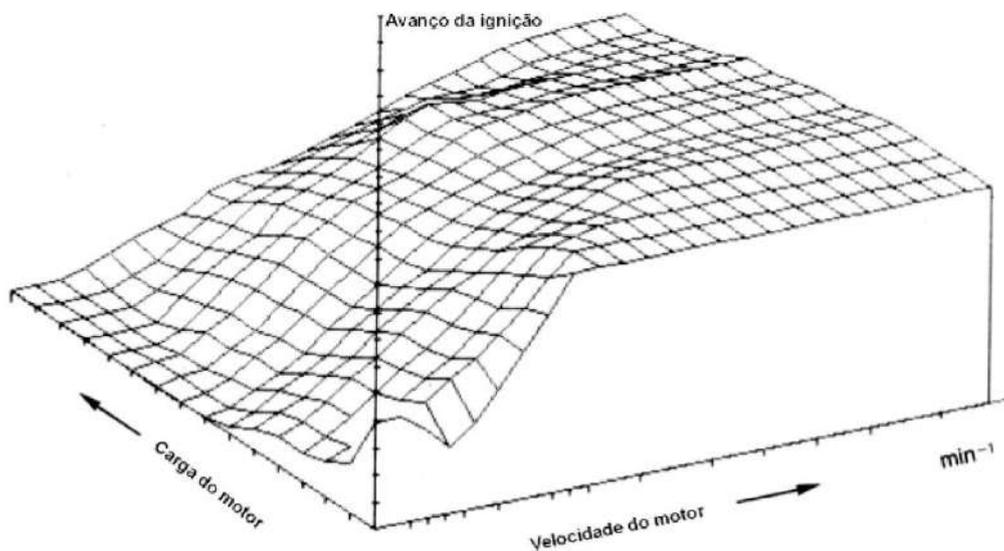
2.3 CURVAS CARACTERÍSTICAS

De acordo com Varella (2010), as curvas características de um motor são utilizadas para analisar o comportamento do motor em geral, o comportamento do torque, a potência, o consumo de combustível em função da rotação do motor e a mistura ar-combustível.

Segundo Milhor (2002), o gerenciamento do motor a partir dos subsistemas descritos passou a ser possível com o desenvolvimento da eletrônica, o que viabilizou a utilização de sistemas microprocessados, realizando o controle digital do motor. Para que o sistema de controle possa gerenciar o funcionamento do motor, é necessário que a unidade de comando eletrônico (ECU) receba sinais de sensores indicando a condição de funcionamento. Esses sinais são processados e enviados para os atuadores, de forma que o motor opere de acordo com o mapeamento. Uma exigência para qualquer

sistema de controle é o conhecimento da “planta”, ou seja, o sistema a ser controlado. No caso dos motores de combustão interna, o conhecimento do sistema a ser controlado vem de um processo experimental denominado mapeamento, também conhecido como processo de calibração. Esse processo é realizado em uma bancada dinamométrica, e a partir das curvas de torque, potência consumo específico e nível de emissões desejadas, montam-se tabelas de carga x rotação x ponto de ignição, carga x rotação x tempo de injeção, temperatura do motor x tempo de injeção (mais utilizada na partida do motor), responsáveis pela compensação no tempo de injeção, ponto de ignição etc. Essas curvas são armazenadas na memória da ECU em forma de tabelas (*lookup tables*), que serão utilizadas de acordo com a condição de operação do motor. A figura a seguir ilustra o mapa do avanço da ignição em função da carga e rotação do motor.

Figura 5 – Mapa para o avanço da ignição

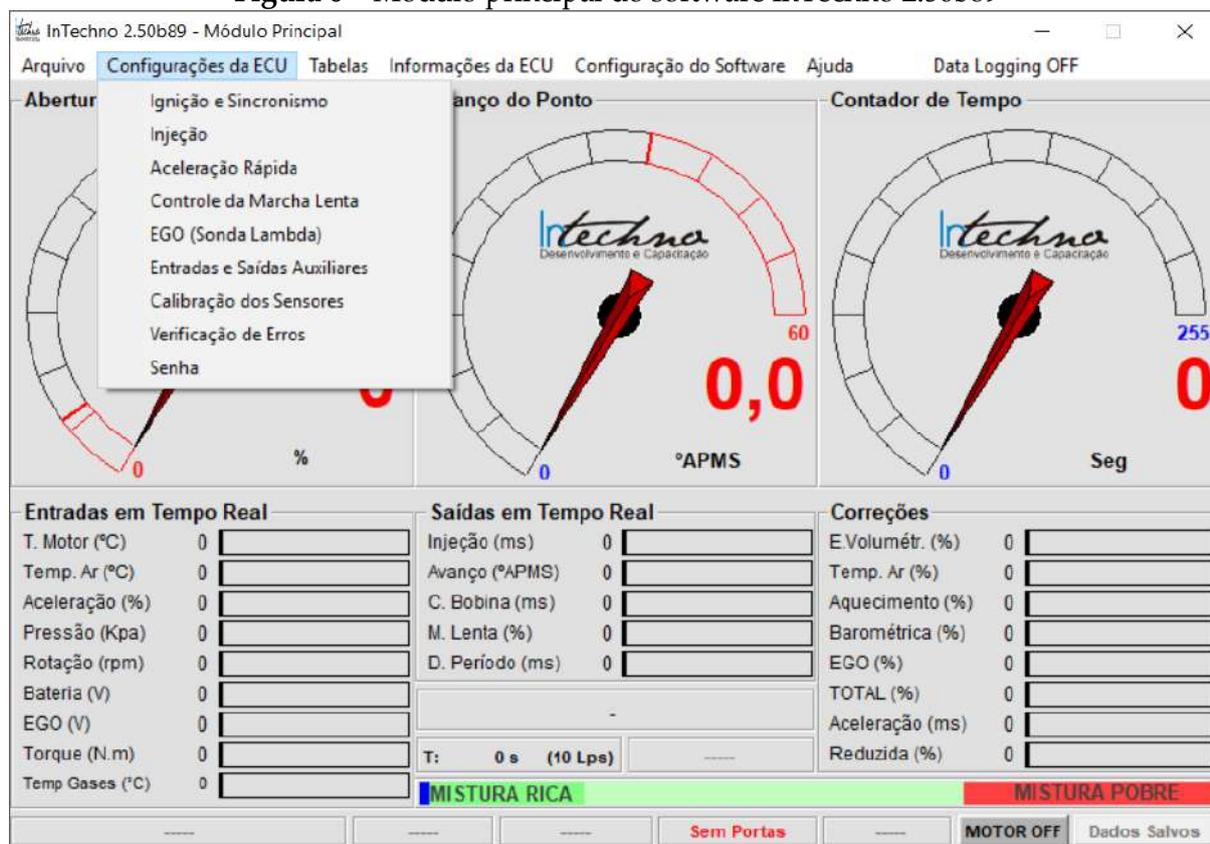


Fonte: Milhor (2002, p. 21)

3 METODOLOGIA

Primeiramente, foi feita uma revisão bibliográfica de manuais do fabricante. Fizeram-se também exercícios práticos para trabalhar com o software da injeção eletrônica InTechno 2.50b89.

Figura 6 – Módulo principal do software InTechno 2.50b89



Fonte: InTechno Desenvolvimento e Capacitação

3.1 ESPECIFICAÇÕES DO MOTOR CICLO OTTO

O motor utilizado no projeto é um BUFFALO BFG/E 4T-6.5 a gasolina, quatro tempos, de um cilindro, com 196 cilindradas, taxa de compressão de 8,5:1, diâmetro de cilindro de 68 mm, curso de pistão de 54 mm, com filtro de ar seco, refrigeração a ar, sistema de ignição por CDI (ignição por descarga capacitiva), sistema de partida manual e elétrica, peso aproximado de 16 kg e dimensões de 430x380x390 mm (comprimento x largura x altura).

Figura 7 – Bancada de motores ciclo Otto e ciclo Diesel InTechno

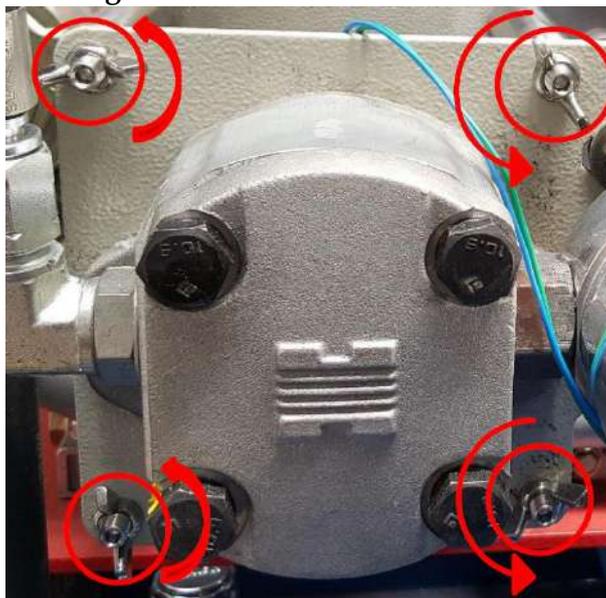


Fonte: Arquivos dos pesquisadores

3.2 FUNCIONAMENTO DO MOTOR

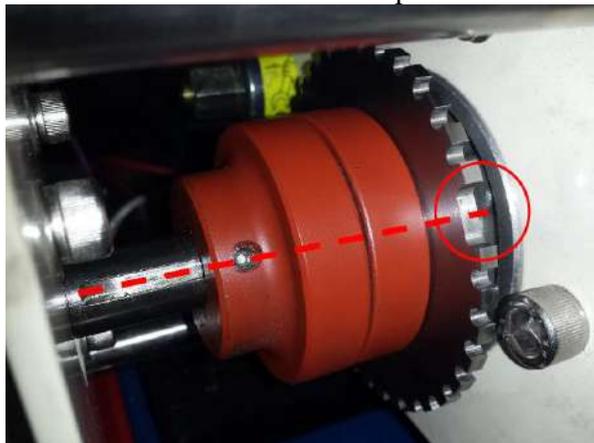
1. Primeiramente, deve-se verificar em qual motor o dinamômetro hidráulico está acoplado; caso não esteja acoplado no motor desejado, devem-se desparafusar as quatro porcas “borboleta” como se pode ver na Figura 8; deve-se desacoplar o dinamômetro; em seguida, deve-se girá-lo e acoplá-lo no outro motor. O motor Diesel é mais simples, porém o motor Otto exige um pouco mais de atenção; ao acoplar o dinamômetro no motor ciclo Otto, é necessário que o dente faltante de referência da roda fônica fique alinhado com o rasgo de chaveta do eixo virabrequim, como demonstrado na Figura 9.

Figura 8 – Dinamômetro hidráulico



Fonte: Manual InTechno

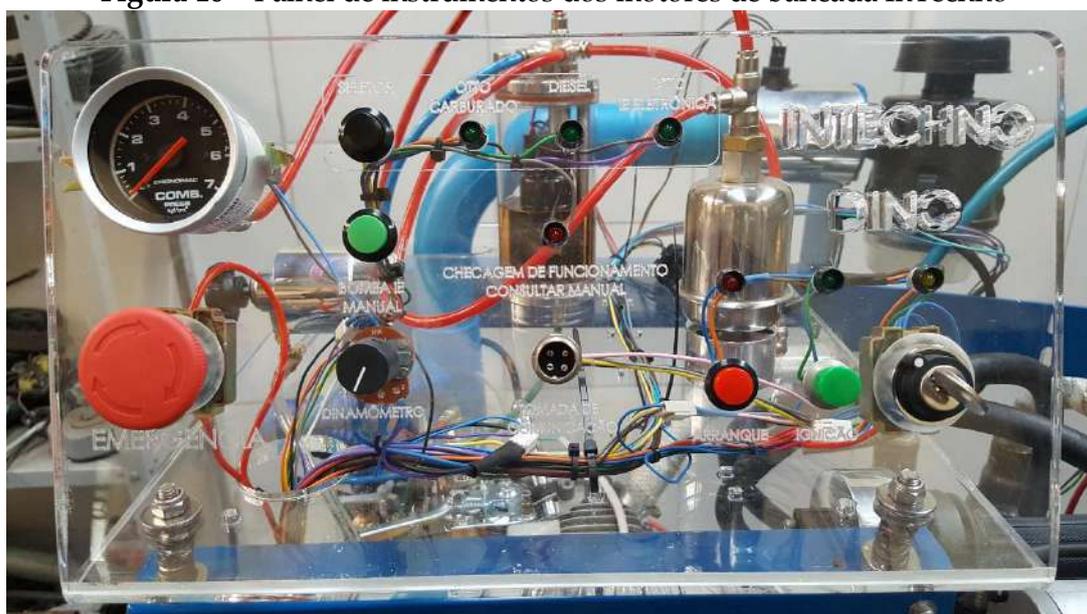
Figura 9 – Dinamômetro hidráulico acoplado ao motor ciclo Otto



Fonte: Manual InTechno

2. Deve-se conectar o cabo na tomada de comunicação do painel InTechno, o USB no computador e abrir o programa InTechno.

Figura 10 – Painel de instrumentos dos motores de bancada InTechno



Fonte: Arquivos dos pesquisadores

3. Deve-se verificar se o botão de emergência está desativado; caso esteja ativado, deve-se girá-lo no sentido horário.

4. Deve-se girar a chave no sentido horário e aguardar o sistema iniciar (o LED da checagem de funcionamento piscará quatro vezes).

5. Deve-se escolher qual o tipo de motor (Otto carburado, Diesel, Otto eletrônico) no botão seletor. Caso queira utilizar o motor Otto com injeção eletrônica, primeiramente se deve selecionar o Otto carburado, depois fechar o carburador e seguir os próximos passos até que o combustível que esteja dentro do carburador se esgote; após ter feito isso, deve-se selecionar o Otto eletrônico e seguir os passos novamente.

6. Deve-se ativar o botão ignição, EXCETO para o Diesel; caso esteja ativado e o motor escolhido for o Diesel, deve-se desativá-lo.

7. Caso o dinamômetro esteja acionado, deve-se desativá-lo, girando para o sentido anti-horário.

8. Com o acelerador levemente tracionado, deve-se pressionar o botão arranque até que o motor esteja em funcionamento. Caso necessário, deve-se acionar o afogador.

9. Para desligar o motor, deve-se girar a chave no sentido anti-horário.

Feito isso, foi iniciada a fase de testes e a coleta de dados, manipulando o motor e analisando seu comportamento. Foi manipulado com carburador e posteriormente com a injeção eletrônica, com intuito de desenvolver diferentes tipos de módulos.

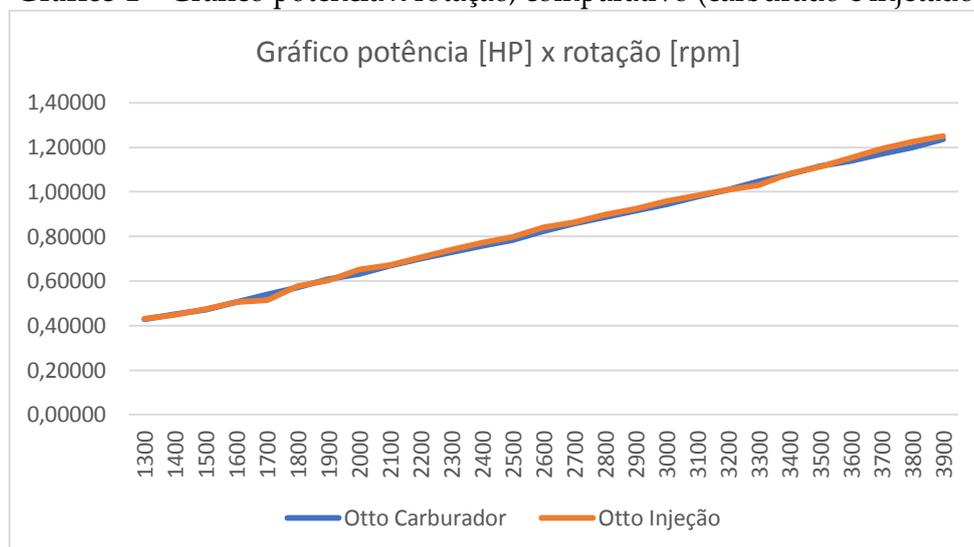
Foram realizados os testes no laboratório de sistemas térmicos do UNIPAM, utilizando o motor ciclo Otto da InTechno da bancada com dinamômetro. O motor foi utilizado tanto com carburador, quanto com injeção eletrônica; além disso, a injeção eletrônica foi manipulada, com objetivo de obter um programa de configuração da ECU (módulo ou mapa de injeção) específico para cada tipo de curva característica, um módulo para obter maior eficiência na curva de torque e consumo de combustível e

menor poluição. Esse módulo pode ser utilizado no perímetro urbano ou “overdrive” em estradas. Pode-se também desenvolver um módulo focado na curva de potência, o qual pode ser utilizado para facilitar ultrapassagens e obter um veículo mais agressivo, com respostas rápidas.

4 RESULTADOS

Após o estudo do motor de bancada a gasolina InTechno, disponível no laboratório de sistemas térmicos do UNIPAM, e a revisão bibliográfica, foi desenvolvido apenas um módulo: quando o acelerador fosse acionado com 30% ou menos, seria focado na curva de torque, com objetivo de obter menor consumo e menor poluição, e quando fosse acionado acima dessa porcentagem, fosse focado para a curva de potência, desenvolvendo melhor desempenho para o motor.

Gráfico 1 – Gráfico potência x rotação, comparativo (carburado e injetado)



Fonte: Dados da pesquisa

5 CONCLUSÕES

Com base no gráfico potência x rotação, fazendo um comparativo entre a potência no motor carburado e injetado, pode-se concluir que houve ganho de potência em rotações altas e uma pequena perda de potência em baixas rotações, em que o mapeamento foi realizado com foco na economia de combustível. O uso da injeção eletrônica sem nenhuma modificação produz resultados muito próximos do Otto carburado; conforme o gráfico, são praticamente iguais; porém, com o mapa de injeção alterado, é possível obter vantagens significativas nas curvas características, como pode ser observado no Gráfico 1.

Conclui-se que é possível desenvolver um mapeamento misto que entregue um motor mais eficiente e potente ao ser acelerado e mais econômico e menos poluente quando utilizado em acelerações baixas (abaixo de 30%), utilizando a injeção eletrônica para a otimização das curvas características.

REFERÊNCIAS

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). **Frota de Veículos**. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2012. v. 1.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2012. v. 2.
- WIKIPÉDIA. **Desenvolvido pela Wikimedia Foundation**: apresenta conteúdo enciclopédico. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Carburador>. Acesso em: 26 fev. 2018.
- VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Estimativa da potência dos motores de combustão interna**. Rio de Janeiro, 2010. v. 154. Apostila.
- VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Histórico e desenvolvimento dos motores de combustão interna**. Rio de Janeiro, 2006. v. 154. Apostila.
- MILHOR, Carlos Eduardo. **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna Ciclo Otto**. Dissertação (Mestrado), São Carlos, 2002.
- TRUOSOLO, Marcel Esturari. **Sistema de injeção eletrônica multiponto**. São Caetano do Sul, 2012. Disponível em: <https://maua.br/files/monografias/completo-sistema-injecao-eletronica-multiponto-182259.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.

Análise da influência de diferentes tipos de cobertura em patologias de fachada

Analysis of the influence of different coverage types in façade pathologies

Noyuke Silva Hamado

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: noyukehamado@unipam.edu.br

Nancy Tiemi Isewaki

Professora orientadora (UNIPAM).

E-mail: nancyti@unipam.edu.br

Resumo: O presente artigo mesclou duas temáticas do campo da construção civil, raramente estudadas conjuntamente: coberturas e patologias em edificações. Objetivou-se estudar a influência dos diferentes tipos de cobertura no aparecimento e evolução de patologias de fachada. Para alcançar os resultados obtidos, foi criado um modelo de *check-list* para aplicação em campo, em um espaço amostral de 12 edificações do município de Patos de Minas (MG), escolhidas segundo critérios de orientação da fachada em relação aos pontos cardeais e trânsito local. Definiram-se 3 grupos de 4 edificações, representando os tipos mais utilizados de cobertura: cerâmica, fibrocimento e metálica. Através de abordagem quanti-qualitativa, verificaram-se outras variáveis que interferiram nas manifestações patológicas, contribuindo favoravelmente para o desenvolvimento patológico. Em relação aos tipos de cobertura, verificou-se que a presença de um ou outro tipo específico não interfere significativamente na proteção das fachadas nem auxiliam, de forma direta, no surgimento e evolução de tais problemáticas.

Palavras-chave: Edificação. Fachada. Manifestação patológica.

Abstract: This article merged two themes of the field of civil construction seldom studied together: roofs and pathologies in buildings. The objective of this study was to study the influence of different coverage on the appearance and evolution of facade pathologies. In order to reach the obtained results, a check-list model was created for field application, in a sample space of 12 buildings in Patos de Minas (MG), chosen according to orientation criteria of the façade in relation to the cardinal points and local traffic. Three groups of four buildings were defined, representing the most used types of cover: ceramic tiles, fiber cement and metallic. Through quantitative-qualitative approach, other variables that interfered in the pathological manifestations were verified, contributing favorably to the pathological development. In relation to coverage types, it was verified that the presence of one or another specific type does not significantly interfere in the protection of the façades nor does it directly aid in the emergence and evolution of such problems.

Keywords: Building. Façades. Pathological manifestation.

1 INTRODUÇÃO

Na evolução da espécie humana no planeta, existe a necessidade da procura de abrigo em local seguro, não apenas para sua proteção como também para o seu conforto. A cobertura de tal espaço se tornou uma variável fundamental para melhor acolhimento da espécie, que atribuía valor social às suas conquistas. Com o intuito principal de proteção contra as intempéries naturais e externas, a cobertura em uma construção, ainda hoje, é um quesito de suma importância em qualquer edificação, possuindo muitas vezes um caráter puramente estético e em outras um caráter sumariamente funcional.

Influenciada diretamente pelo estilo da cobertura, a fachada se apresenta como uma prévia de tudo que uma construção pode oferecer, seja em níveis estruturais, seja em níveis arquitetônicos. Na era atual, não obstante os avanços tecnológicos e a crescente padronização de técnicas no âmbito da engenharia civil, as patologias presentes nas fachadas das edificações ainda se constituem como algo comum de ser encontrado. Os estados patológicos desencadeiam diversas outras problemáticas, no exterior e no interior da edificação. Segundo Bertolini (2010), tanto a umidade, e os ciclos de secos-molhados que as alvenarias sofrem, quanto as variações de temperatura podem gerar tensões internas que ocasionam as piores degradações no processo patológico, com o desenvolvimento de fissuras. Assim, é essencial o estudo das estruturas que influem em tais fenômenos, como, de forma direta, as coberturas.

A presente pesquisa relacionou alguns dos tipos de cobertura existentes com o aparecimento, assim como o agravamento, de patologias de fachada, e tomou como estudo a análise de casos no município de Patos de Minas (MG). Para isso, levou-se em consideração a alta incidência de patologias de fachada no município referido, principalmente relacionadas à umidade, como manchamento e infiltração. Ainda, tomou-se como base o fato de a cobertura de uma edificação estar relacionada ao escoamento de águas pluviais, buscando evitar o enraizamento de qualquer umidade na alvenaria e estrutura de uma construção.

A presente pesquisa justifica-se em virtude de se analisarem dois campos específicos da Engenharia Civil pouco estudados: a arquitetura e estrutura das coberturas e as patologias de fachadas. Há poucos estudos que demonstrem uma relação de causa e efeito entre essas áreas específicas. Desse modo, através de pesquisa de campo e análise de casos, este estudo estabeleceu critérios que conectam as tipologias de cobertura ao desenvolvimento de patologias de fachada. Além da correspondência entre as duas áreas do conhecimento pesquisadas, foram analisadas as específicas influências que levaram aos casos patológicos estudados, buscando aplicar da melhor forma na construção civil os sistemas e as técnicas, tanto de construção de fachadas, quanto de coberturas de forma geral.

Com a presente pesquisa de iniciação científica, objetivou-se analisar o impacto de alguns tipos específicos de cobertura, arquitetônica e estruturalmente, no surgimento e desenvolvimento de patologias nas fachadas. Posto isso, realizando uma análise de campo comparativa entre construções com tipologias de cobertura diferentes no município de Patos de Minas (MG), objetivou-se identificar os fatores em cada caso que levaram ao aparecimento das patologias e, assim, a função da cobertura no

referido estado patológico. Ademais, pretendeu-se criar um modelo analítico padrão para estudo de patologias de fachada em diversas situações e estabelecer parâmetros para futuras pesquisas relacionando estados patológicos característicos em fachadas com diferentes coberturas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 COBERTURAS

A cobertura sempre foi um elemento essencial para que o ser humano se estabelecesse em um local, pois deveria atender às necessidades de proteção e conforto da região de modo suficientemente adequada para que se pudesse estabelecer um modelo social familiar. Dessa forma, segundo Azeredo (1997), a cobertura de um edifício tem como principal finalidade o abrigo contra as intempéries e deve possuir propriedades isolantes. Ainda segundo Azeredo (1997), para que uma cobertura seja ideal em relação ao conforto, ela deverá ser impermeável, resistente, inalterável quanto à forma e ao peso, leve, de secagem rápida, de fácil colocação, de longa duração, de custo econômico, de fácil manutenção, deverá prestar-se às dilatações e contrações e ter bom escoamento.

Ao longo da história, as construções foram cobertas das mais diversas formas e de acordo com as possibilidades materiais e de engenharia de cada época. Segundo Addis (2009), na Antiguidade a maior parte das edificações era coberta com palha; na civilização egípcia, assim como na grega, a cobertura era feita com placas de pedra apoiadas em vigas do mesmo material; nas casas populares romanas – as *insulae* – havia a cobertura de madeira sustentando telhas de barro. Chegando à Idade Média, apesar do enorme desenvolvimento de abóbodas nas igrejas, feitas dos mais diversos materiais incluindo o concreto, a maioria das casas populares ainda se utilizava da palha como cobertura. Só posteriormente houve a gradual troca de sistema de cobertura, passando a serem utilizadas estruturas de ferro cobertas com concreto e materiais cerâmicos.

Embora seja quase “inconsciente” o desenvolvimento de materiais e técnicas de cobertura nas mais diferentes regiões do globo terrestre, em cada cultura houve um desenvolvimento próprio segundo as características locais. As coberturas desenvolvidas em regiões frias e úmidas foram diferentes das projetadas por engenheiros que tiveram que enfrentar a neve, assim como os que tiveram que lidar com regiões tropicais. Dessa forma, acima de tudo, podem-se entender as coberturas como expressão cultural de um povo ou de uma região, cada uma possuindo um contexto e buscando resolver problemáticas específicas. As coberturas foram muitas vezes adaptadas e reproduzidas de forma errônea em outros contextos para os quais não foram nem deveriam ter sido projetadas, influenciando em toda a edificação em si.

2.2 PATOLOGIAS DE FACHADA

As fachadas de uma edificação funcionam como uma prévia de toda a obra, expondo suas qualidades e defeitos técnicos e estéticos. Constituídas, em sua maioria,

de alvenaria de revestimento, as fachadas padecem de diversas problemáticas pelo simples fato de estarem em contato direto com as intempéries ambientais. Tais evidências se encontram no desenvolvimento de patologias nas fachadas; essas patologias muitas vezes podem migrar para o interior da edificação das mais diversas formas. Esses fenômenos de degradação, segundo Bertolini (2010), podem ocorrer só na presença de água ou se o teor de umidade na alvenaria é elevado, com poucas exceções. Assim, a permanência de água na alvenaria não só pode comprometer a funcionalidade dos edifícios, mas também é a principal causa de sua degradação.

Segundo Campante e Sabbatini (2001), manifestações patológicas são situações nas quais os sistemas de revestimento deixam de apresentar o desempenho esperado em determinado momento de sua vida útil, ou seja, não cumprem suas funções, deixando de atender às necessidades dos usuários. A manifestação patológica acontece com a queda, repentina ou gradual, de desempenho, precocemente, em relação à sua estimativa de durabilidade. Segundo Yazigi (2014), dentre as mais comuns manifestações patológicas referentes à interação com a umidade em edificações, destacam-se manchas de umidade, corrosão, bolor (ou mofo), algas, líquens, eflorescências, descolamento de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos, fissura e mudança de coloração de revestimentos, além da degradação e descolamento da pintura. Vale destacar, no entanto, que tais manifestações não se restringem somente a si mesmas, podendo evoluir para outras situações agravantes, assim como o fato de apresentarem-se nas fachadas pode ser apenas o começo do seu contágio em uma edificação, devido à relação em cadeia que estabelecem entre si.

2.2.1 Descolamento de argamassa

Os descolamentos são a separação de camadas do revestimento argamassado, podendo se dar de forma pulverulenta, com empolamento ou ainda em placas. As principais causas dessa manifestação patológica, em argamassas de cal, são uso de produtos não hidratados ou a falta de hidratação completa da cal extinta e má qualidade da cal ou preparo inadequado da pasta. Já em argamassas mistas, a principal causa é o excesso de cimento (BAUER, 1994).

2.2.2 Eflorescência

As eflorescências são depósitos cristalinos formados pela presença de soluções salinas, tanto na superfície quanto no interior de alvenarias. Surgem pela evaporação ou variação de temperatura em meio úmido (GONÇALVES, 2007). Dependendo do tipo de sal depositado, as eflorescências podem causar degradações profundas na estrutura. Essa patologia possui três fatores decisivos que devem coexistir para o seu surgimento: o teor de sais solúveis presente no meio, a presença de água e a pressão hidrostática (UEMOTO, 1988).

2.2.3 Destacamento de revestimento

Os destacamentos em um revestimento ocorrem devido à perda de aderência entre a argamassa e as placas de cerâmicas nela fixadas, ou entre a argamassa colante e a base. A primeira característica dessa patologia é a presença de um som cavo nas placas cerâmicas quando percutidas (ALMEIDA, 2012). Geralmente, tal manifestação surge pelo desenvolvimento de tensões que ultrapassam a capacidade de aderência devido às mais diversas causas, como ausência de juntas de dilatação, retração da argamassa de assentamento, deformações devido a variações de umidade, deformações advindas da infiltração de água nas fachadas, dilatações térmicas e deformações na estrutura (CHAVES, 2009).

2.2.4 Manchamento

O manchamento pode se dar de diversas formas, com diferentes características. Existem as manchas advindas de sujeiras, geralmente relacionadas à utilização de tintas de baixa qualidade, que apresentam alta porosidade e não apresentam resistência adequada ao aparecimento de manchas, ou ainda à aplicação da tinta sem que a superfície esteja corretamente selada (POLITO, 2006). No entanto, o tipo mais comum de manchamento é o que chamamos de bolor ou mofo. O desenvolvimento dessa manifestação está diretamente ligado à presença de umidade, seja na estrutura (por infiltração ou encanamento rompido), seja no ar (pela elevada umidade relativa do ambiente). O emboloramento é consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos, que se desenvolvem em locais úmidos e escuros ou abafados (ALUCCI; FLAUZINO; MILANO, 1988).

2.2.5 Trincamento e fissuração

Dentre todas as manifestações patológicas que podem acometer uma estrutura, as trincas e fissuras são consideradas a mais graves por poder ser o indício de um estado perigoso para a estrutura, comprometer o desempenho (estanqueidade, durabilidade, isolamento acústico, etc.) e constranger psicologicamente os seus usuários (THOMAZ, 1989). São os problemas mais comuns enfrentados por usuários e estão presente na grande maioria das edificações. Segundo classificação da ABNT NBR 9575:2010, as aberturas maiores que 0,5 mm e menores que 1 mm são denominadas trincas, enquanto as aberturas maiores que 0,05 mm e menores que 0,5 mm são denominadas como fissuras. Havendo, ainda, as microfissuras, compreendendo aberturas menores que 0,05 mm.

O surgimento das trincas e fissuras pode estar relacionado aos mais diversos fenômenos, como movimentações térmicas e higroscópicas, existência de sobrecargas, deformabilidade excessiva, recalques diferenciais da fundação, retração de produtos cimentícios e alterações químicas dos materiais (THOMAZ, 1989).

3 METODOLOGIA

Apresentam-se a seguir o percurso metodológico utilizado para o cumprimento dos objetivos desta pesquisa.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O estudo foi desenvolvido, primeiramente, através de uma pesquisa bibliográfica com aprofundamento teórico a respeito tanto de coberturas, quanto de patologias de fachadas. Entender o mecanismo de cada uma dessas áreas específicas foi fundamental para que fossem estabelecidas relações de causa e efeito, bem como ressaltar as influências recíprocas.

Para comparar as estruturas e arquiteturas dos telhados, foi realizada uma pesquisa de campo para identificação e caracterização de patologias em 12 edificações no município de Patos de Minas (MG). A interpretação de dados foi feita sob duas perspectivas. A análise quantitativa foi utilizada para o levantamento das patologias em quantidade numérica de ocorrência, estabelecendo também parâmetros de classificação para a gravidade ou estado de ocorrência de cada patologia. Em seguida, foi realizada uma análise qualitativa para comparar os resultados da pesquisa e estabelecer uma possível relação entre o tipo de telhado e as patologias detectadas nas fachadas.

3.2 PESQUISA DE CAMPO

Para registrar a ocorrência de patologias e o tipo de estrutura do telhado de cada edificação estudada, foi desenvolvido um método de recolhimento de dados na forma de uma ficha, visando à verificação da quantidade de patologias, os tipos e o grau de acometimento. Também foi desenvolvido um relatório fotográfico para registro das imagens correspondentes ao estado de conservação das edificações analisadas. Com o método determinado, foi feito o estudo de caso em 12 edificações no município de Patos de Minas (MG), relacionando os tipos de telhado com as manifestações patológicas presentes. As 12 edificações escolhidas foram visitadas e houve o recolhimento de dados fotográficos para análise acurada.

Foram definidas para o estudo 4 construções com cobertura em telha cerâmica, 4 com cobertura em telha de fibrocimento e 4 com telhado metálico; dentro de cada grupo, cada edificação estava voltada para um ponto geográfico, ou seja, Norte, Sul, Leste e Oeste. Essas obras foram analisadas visualmente, conforme critérios preestabelecidos para classificação das patologias sendo, posteriormente, analisados esses resultados com o tipo e a influência das coberturas, levando em consideração as especificidades arquitetônicas de cada uma.

3.3 ELABORAÇÃO DO *CHECK-LIST*

Desenvolveu-se um modelo de coleta de dados, denominado Ficha de Inspeção de Patologias em Fachadas, que aglomerou, em um único quadro, informações a

respeito da edificação a ser analisada. Assim foi possível obter uma visão geral da edificação, facilitando o cruzamento de dados para interpretação.

Figura 01 – *Check-list*: Ficha de Inspeção de Patologias em Fachada

FICHA DE INSPEÇÃO DE PATOLOGIAS EM FACHADAS						
RESP. INSPEÇÃO:				CREA:	DATA:	
RESP. EDIFICAÇÃO:				TEL.:		
ENDEREÇO:						
NÍVEL DE INSPEÇÃO:		<input type="checkbox"/> NÍVEL 1		<input type="checkbox"/> NÍVEL 2		<input type="checkbox"/> NÍVEL 3
TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO:		<input type="checkbox"/> RESIDENCIAL		<input type="checkbox"/> COMERCIAL		<input type="checkbox"/> INDUSTRIAL <input type="checkbox"/> OUTROS
COBERTURA:		<input type="checkbox"/> CERÂMICA <input type="checkbox"/> FIBROCIMENTO		<input type="checkbox"/> METÁLICA		<input type="checkbox"/> OUTROS
Nº PAVIMENTOS:	IDADE EDIFICAÇÃO:		ÚLTIMA REFORMA:		PADRÃO CONSTRUT.:	
OBS. DA REFORMA:						
ORIENTAÇÃO FACHADA:		<input type="checkbox"/> NORTE		<input type="checkbox"/> SUL		<input type="checkbox"/> LESTE <input type="checkbox"/> OESTE
CLIMA DA REGIÃO:		<input type="checkbox"/> SECO				<input type="checkbox"/> ÚMIDO
UMIDADE RELATIVA NO MOMENTO DA INSPEÇÃO:						
PERÍODO DA INSPEÇÃO:		<input type="checkbox"/> MATUTINO		<input type="checkbox"/> VESPERTINO		<input type="checkbox"/> NOTURNO
PATOLOGIA	GRAU DE CRITICIDADE			LOCAL	Nº FOTO	OBSERVAÇÕES
	MÍNIMO	MÉDIO	CRÍTICO			
DESCOLAMENTO DE ARGAMASSA						
EFLORESCÊNCIA						
DESTACAMENTO DE REVESTIMENTO						
MANCHAMENTO						
TRINCAMENTO E FISSURAÇÃO						
CROQUI:						

Fonte: Elaborado pelo autores

4 RESULTADOS

No desenvolvimento de patologias no espaço amostral, encontrou-se a realidade de manifestações apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Manifestações patológicas nas amostras

Edificação	Cobertura	Descolamento Argamassa	Eflorescência	Destacamento revestimento	Manchamento	Trincamento
E1	Cerâmica				x	x
E2	Cerâmica				x	x
E3	Cerâmica				x	x
E4	Cerâmica	x			x	x
E5	Fibrocimento				x	x
E6	Fibrocimento		x		x	x
E7	Fibrocimento				x	
E8	Fibrocimento				x	x
E9	Metálica				x	x
E10	Metálica					
E11	Metálica				x	x
E12	Metálica					x
Total		1	1	0	10	10

Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando-se os dados extraídos em campo, constata-se a manifestação de fissuras e manchamentos em 10 das 12 edificações do espaço amostral, tornando a ocorrência dessas manifestações presente em 83,3% dos casos. O fato, escolhido propositalmente, de as amostras contidas no espaço amostral estarem localizadas em vias de grande movimento, sujeitas a intempéries de todas as ordens, constitui um ambiente favorável a essas manifestações. No entanto, fissuras estão relacionadas a movimentações dos elementos construtivos (sejam de origem higroscópicas ou estruturais), bem como manchamentos estão relacionados à qualidade de absorção e evaporação da umidade pelos materiais (BAUER, 1994). Dessa forma, podem ser estabelecidos como causas para o aparecimento corriqueiro dessas problemáticas o padrão de qualidade de materiais e a mão de obra utilizada, não caracterizando necessariamente uma correlação com as tipologias de cobertura analisadas.

4.1 ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA

Em relação às orientações das fachadas, tomando como base os pontos cardeais, notaram-se diferenças que se aplicaram a certas posições. Nas edificações cujas fachadas se encontravam orientadas para o Norte ou para o Sul, as manifestações patológicas mais comuns (manchamento e fissuramento) concentraram-se nas partes altas, próximas à cobertura. Nas edificações com fachadas orientadas para o Leste ou Oeste, as manifestações patológicas encontraram-se homoganeamente distribuídas pela fachada. As edificações com orientação voltadas para Norte e Sul, bem como as voltadas para Leste e Oeste, estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Porcentagem afetada por orientação

Edificação	Cobertura	Orientação	Fachada Comprometida	Média por Orientação
E1	Cerâmica	Norte	30%	41,60%
E6	Fibrocimento	Norte	65%	
E9	Metálica	Norte	30 %	
E2	Cerâmica	Sul	40%	25%
E5	Fibrocimento	Sul	35%	
E10	Metálica	Sul	0%	
E3	Cerâmica	Leste	15%	10%
E7	Fibrocimento	Leste	5%	
E12	Metálica	Leste	10%	
E4	Cerâmica	Oeste	55%	53,30%
E8	Fibrocimento	Oeste	25%	
E11	Metálica	Oeste	80%	

Fonte: Elaborado pelos autores.

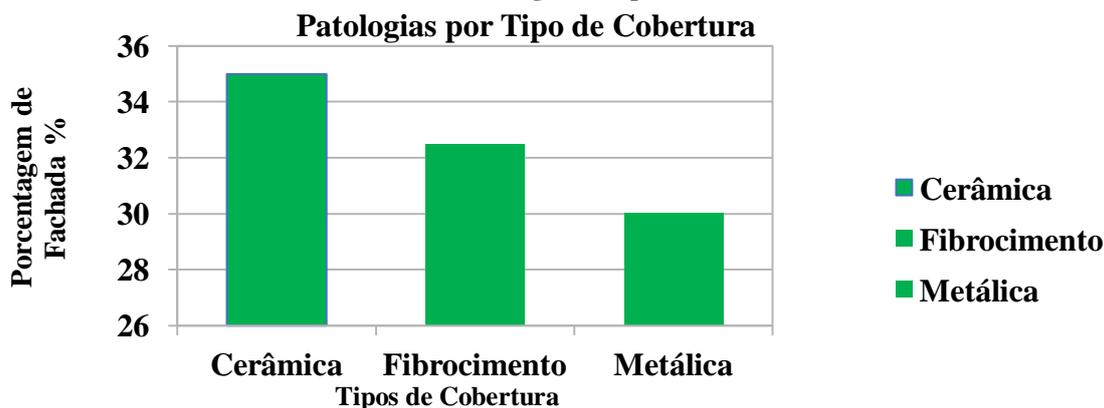
Tal fato é geograficamente explicável e verifica-se a influência da ação solar sobre o aparecimento de patologias de fachada, principalmente quando associado com a umidade presente nas edificações, seja ela advinda de qualquer origem. O resultado esperado seria que todas as fachadas das edificações voltadas para Leste e para Oeste não apenas apresentassem diferença na localização das manifestações, mas também demonstrassem maior incidência patológica em relação às fachadas voltadas para o Norte e para o Sul. Esse resultado seria justificado pela incidência elevada do sol em Leste e Oeste (nascer e poente) em detrimento da pouca incidência em Norte e Sul (trajetória paralela).

Considerando os valores médios de ocorrência de patologia por orientação, verificou-se que não houve correspondência com o esperado, visto que as fachadas com orientação a Leste apresentaram uma média de abrangência patológica menor do que a fachada voltada para oeste, enquanto as que se encontravam ao Norte apresentaram uma média maior em relação às voltados ao Sul.

4.2 IDADE DA EDIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO

Na reunião de dados realizada em cada amostra de edificação, foi estimada a porcentagem de fachada que cada patologia acometia naquela amostra. Realizou-se, então, uma análise quantitativa das patologias. Foi elaborado o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Patologias x tipo de cobertura



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base no Gráfico 1, percebe-se que as edificações com cobertura de telhas cerâmicas apresentam o maior nível percentual médio de fachada afetada por patologias (35%), seguido da cobertura com telhas de fibrocimento (32,5%) e da cobertura com telha metálica (30%). Tal resultado vai contra o esperado de que as edificações com coberturas cerâmicas estariam menos expostas à ação da chuva e consequente umidade, devido à sua estrutura que geralmente ultrapassa o limite das alvenarias, o que diminuiria e desfavoreceria um maior aparecimento e desenvolvimento de patologias. Já nas coberturas em fibrocimento e metálicas, pela alvenaria estar mais exposta e não possuir proteção direta contra a ação pluvial, devido à estrutura típica destas coberturas (geralmente com platibandas), a tendência seria o maior aparecimento de patologias.

Tal resultado inesperado, assim como o constatado em 4.1, pode ser explicado analisando-se o Quadro 3, elaborado discriminando-se as porcentagens de fachada atingida em cada edificação e adicionando-se as informações referentes à idade de construção da edificação e a presença de reformas nos últimos 5 anos.

Quadro 3 – Orientação geográfica x idade e reforma

Edificação	Cobertura	Orient.	Fachada Comprometida	Média por Orientação	Idade	Reforma - últimos 5 anos
E1	Cerâmica	Norte	30%	41,60%	Entre 20 e 50 anos	Sim
E6	Fibrocimento	Norte	65%		Acima de 50 anos	Não
E9	Metálica	Norte	30%		Entre 10 e 20 anos	Sim
E2	Cerâmica	Sul	40%	25%	Acima de 50 anos	Não
E5	Fibrocimento	Sul	35%		Entre 20 e 50 anos	Sim
E10	Metálica	Sul	0%		Entre 10 e 20 anos	Sim
E3	Cerâmica	Leste	15%	10%	Entre 10 e 20 anos	Sim
E7	Fibrocimento	Leste	5%		Entre 10 e 20 anos	Sim
E12	Metálica	Leste	10%		Entre 10 e 20 anos	Sim
E4	Cerâmica	Oeste	55%	53,30%	Acima de 50 anos	Sim
E8	Fibrocimento	Oeste	25%		Entre 10 e 20 anos	Não
E11	Metálica	Oeste	80%		Entre 20 e 50 anos	Não

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 3 apresenta uma visão mais complexa, inter-relacionando informações e permitindo o cruzamento de interpretações quanto à abrangência das manifestações patológicas em cada edificação, com a idade e a manutenção mais recente realizada em cada uma.

As edificações com fachada orientada para o Norte apresentaram, em média, 41,6% da fachada comprometida por patologias. No entanto, ao analisar-se cada amostra desse grupo, percebeu-se que as edificações E1 e E9 apresentaram baixa abrangência de patologias (30%), em que a edificação E1 possui idade entre 20 e 50 anos e a edificação E9 possui idade entre 10 e 20 anos. Essas duas edificações foram reformadas nos últimos 5 anos, fato que diminuiu os níveis de manifestações patológicas, independentemente das idades verificadas. Já a edificação E6, em que se verificou elevada abrangência patológica (65%), possuía dois fatores que influenciaram negativamente esse resultado: possuir mais de 50 anos e não ter sido reformada nos últimos 5 anos. Dessa forma, a média elevada de incidência patológica nas edificações voltadas para o Norte tem como causa a edificação E6, que elevou a média do grupo.

Nas edificações cuja fachada estava voltada para o Sul, apesar do resultado médio ter sido pequeno, como o esperado, ao analisar-se caso a caso, percebe-se como cada edificação contribuiu para essa média. A amostra E2 apresentou o maior índice patológico do grupo (40%), fato que se justifica por ser uma edificação construída há mais de 50 anos e não ter sofrido reforma nos últimos 5 anos. Já a edificação E5, cuja representatividade na média foi de 35%, tratava-se de uma edificação relativamente antiga (entre 20 e 50 anos), o que justificaria uma porcentagem de fachada atingida maior do que a constatada. No entanto, tal amostra foi reformada nos últimos 5 anos, o que se refletiu em sua fachada que, apesar de ser antiga, não apresenta o maior índice do grupo. Tais resultados se mostram ainda mais significantes na análise da amostra E10, edificação recente (entre 10 e 20 anos de idade) e que, mesmo assim, foi reformada nos últimos 5 anos, apresentando um conclusivo índice de abrangência patológica de 0%, diminuindo a média desse grupo de fachadas.

Em relação às edificações com fachadas voltadas para o Leste, esperava-se uma alta abrangência de manifestações patológicas nas fachadas, fato que se mostrou errôneo. Analisando-se caso a caso, viu-se que as 3 amostras E3, E7 e E12 apresentam idades relativamente próximas; todas terem sido construídas entre 10 e 20 anos. Tal fato, por si só, já justifica parcialmente a pouca abrangência patológica, visto se tratarem de edificações recentes. No entanto, o fator reforma corrobora completamente os resultados obtidos, visto que, além de serem edificações recentes, todas foram reformadas nos últimos 5 anos. Dessa forma, a baixa incidência patológica em E3 (15%), E7 (5%) E12 (10%) e, conseqüentemente, a média (10%) das edificações voltadas para o Leste, justifica-se mesmo contra o resultado esperado para o grupo.

Por fim, o grupo com maior média de abrangência de manifestações patológicas (53,3%) encontra nas variáveis idade e reforma, as mesmas justificativas caso a caso para esse resultado. A amostra E4 apresentou 55% de área de fachada comprometida, porcentagem que deveria ser maior considerando o fato de ser uma edificação com mais de 50 anos de idade. No entanto, a reforma nos últimos 5 anos estacou o desenvolvimento patológico, evitando maior abrangência, fato condizente com as

incidências de todas as outras amostras estudadas. Já a edificação E8 (25% de fachada comprometida) não foi reformada nos últimos anos, o que justificaria elevada porcentagem, não fosse a idade da edificação, entre 10 e 20 anos, que pode ser considerada nova. Já a amostra E11, além de ser antiga (idade entre 20 e 50 anos), não foi reformada nos últimos 5 anos, fato que justifica sua elevada taxa de manifestações patológicas (80%).

4.3 RELAÇÃO ENTRE O TIPO DE COBERTURA E AS PATOLOGIAS EM FACHADAS

Nas edificações com coberturas cerâmica e fibrocimento, observou-se a presença de manchas concentradas em beirais e pingadeiras. Nas coberturas cerâmicas, na junção da estrutura do telhado com as alvenarias de vedação, notou-se a ausência de manchas, mesmo em locais com pouca impermeabilização, uma vez que estas só apareceram em pingadeiras e beirais, locais onde a água pluvial escorre em situações de chuva. Tal fato se explica pela própria estrutura geralmente utilizada em coberturas cerâmicas, em que o caimento e as dimensões encaminham a água para longe das alvenarias. Tal proteção tipológica típica não se encontra presente em coberturas de fibrocimento, as quais, constituídas de platibandas e beirais, estão em contato constante com águas pluviais em dias chuvosos, e não possuem o mesmo sistema físico de proteção ocasionado pela estrutura de telhados cerâmicos. As imagens a seguir apresentam patologias encontradas em edificações com coberturas cerâmicas.

Figura 2 – Fissuras em coberturas cerâmicas



Fonte: Arquivo dos autores (2018).

Figura 03 – Descolamento de argamassa

Fonte: Arquivo dos autores (2018).

Figura 04 – Manchamento em coberturas cerâmicas

Fonte: Arquivo dos autores (2018).

Na Figura 2, observam-se trincas presentes na parte superior da fachada que, apesar de possuir telhado cerâmico, apresenta uma platibanda que o esconde. Nessa mesma figura, manchas podem ser observadas no detalhe superior da fachada (que pode ser denominado pingadeira). Na Figura 3, observa-se manchamento em estruturas de laje, embora não haja manchas diretamente abaixo dos beirais da edificação. Também pode ser constatado nessa figura o descolamento de argamassa pontual ocorrido em uma zona de encontro de estruturas. Já na Figura 4, nota-se a presença de pequenas e recentes manchas em um peitoril, indicando os locais de escoamento de água pluvial naquela estrutura.

Nas edificações específicas com cobertura em fibrocimento, a presença de fissuras se concentrou em platibandas e marquises, estruturas típicas desse tipo construtivo. Desconsiderando-se a influência de fatores externos de intemperismo, tal desenvolvimento patológico é devido à exposição a águas pluviais e à falta de correta impermeabilização, uma vez que esse tipo de cobertura proporciona maior contato da chuva com os elementos construtivos da fachada de uma edificação. Sem correta impermeabilização, portanto, partes não estruturais como platibandas e marquises ficam à mercê de ações higroscópicas que levam ao aparecimento de fissuras pelo

processo de expansão e retração dos elementos. Abaixo, veem-se imagens fotográficas demonstrativas das patologias encontradas durante as visitas *in loco*:

Figura 5 – Manchamento e fissuras em marquises



Fonte: Arquivo dos autores (2018)

Figura 6 – Fissuras em cobertura de fibrocimento



Fonte: Arquivo dos autores (2018).

Na Figura 5, observa-se o comprometimento da marquise, com a presença de fissuras e um manchamento generalizado. Próximo à marquise também podem ser encontradas trincas na alvenaria e próximas a esquadrias. Já na Figura 6, o trincamento se destaca na estrutura, bem como um manchamento na região fissurada.

Já nas edificações com cobertura metálica, notou-se que os manchamentos, quando encontrados, localizavam-se próximos às partes metálicas da cobertura ou fachada. Tal acometimento deve-se à ausência de correta impermeabilização, que permite o escoamento de águas pluviais de forma contínua em dias chuvosos. Notou-se também um menor índice de patologias nesse tipo construtivo quando comparado a coberturas cerâmica e fibrocimento. Tal fato, no entanto, não deve ser considerado conclusivo por si só, visto que as amostras em cobertura metálica analisadas passaram por reformas na fachada recentemente, o que provavelmente maquiou as patologias antes existentes. As imagens apresentadas caracterizam as patologias encontradas nas edificações com cobertura metálica.

Figura 7 – Manchamento em coberturas metálicas



Fonte: Arquivo dos autores (2018).

Figura 8 – Fissuras em coberturas metálicas



Fonte: Arquivo dos autores (2018).

Figura 9 – Manchamento em revestimento à tinta



Fonte: Arquivo dos autores (2018).

Na Figura 7, observam-se manchas derivadas do escoamento de água vinda do telhado, que desce pelos sulcos das placas metálicas que compõem a fachada. Em relação à Figura 8, notam-se fissuras localizadas e pontuais próximas à marquise metálica existente. Já na Figura 9, apresentam-se manchas e pequenas fissuras no revestimento à base de tinta na cor preta.

5 CONCLUSÕES

Após a análise, chega-se às seguintes considerações finais:

- (i) As tipologias de cobertura (cerâmica, fibrocimento e metálica) não influenciam de forma direta no surgimento ou agravamento de manifestações patológicas.
- (ii) O fator orientação geográfica, em conjunto com a qualidade de materiais, mão de obra e técnicas, influi diretamente no surgimento de patologias em edificações.
- (iii) O fator idade da edificação e a presença ou não de manutenção apresenta correlação direta com a gravidade do desenvolvimento patológico nas estruturas.
- (iv) Recomendam-se, como futuros trabalhos, pesquisas relacionando coberturas e fachadas, porém com um espaço amostral maior do que o desta pesquisa, para a obtenção de mais padrões a respeito do comportamento patológico em fachadas.

REFERÊNCIAS

ADDIS, Bill. **Edificação: 3000 anos de projeto, engenharia e construção**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 640 p. ISBN 9788577803637 (broch.).

ALMEIDA, L. L. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada**. 2012. Dissertação de Pós-Graduação (Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2012. 74 p.

ALUCCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. **Bolor em edifícios: causas e recomendações**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p. 565-70.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013. 60 p.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: E. Blucher, 1997. 182 p. (Prática de construção civil). ISBN 9788521201298 (broch.).

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. São Paulo: LTC Editora – 2 volumes. 1994. 960 p.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 414 p. ISBN 9788579750106 (broch.).

CAMPANTE, E. F. E SABBATIN, F. H., Metodologia para diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimento cerâmico de fachada. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2001.

CHAVES, A. M. V. A. **Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas**. 2009. Dissertação (Mestrado) na área de Especialização Materiais, Reabilitação e Sustentabilidade da Construção, Universidade do Minho, Braga, 2009. 176 p.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; FAGUNDES NETO, Jerônimo Cabral P.; GULLO, Marco Antonio. **Engenharia diagnóstica em edificações**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2015. 424 p. ISBN 9788572664479 (broch.).

GONÇALVES, T. C. D. **Salt crystallization in plastered or rendered walls**. 2007. Tese de doutorado – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007. 262 p.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação**. Monografia (Especialização em Avaliação em Perícia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

UEMOTO, K. L. **Patologia: danos causados por eflorescência**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p. 561 - 64.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 14. ed. rev. e atual. São Paulo: Pini, 2014. 848 p. ISBN 9788572664233 (broch.).

Análise da viabilidade da implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS) em um hospital à luz da certificação OHSAS 18.001

Feasibility analysis of implementation of the Health Service Waste Management Plan (HSWMP) in a hospital in the light of OHSAS certification 18.001

Juan Pablo Silva Moreira

Graduando do curso de Engenharia de Produção (UNIPAM).

E-mail: juan.b7@hotmail.com

Janaína Aparecida Pereira

Professora orientadora (UNIPAM).

E-mail: janainaap@unipam.edu.br

Resumo: O cenário empresarial impulsionado pela globalização tem possibilitado recentes alterações em diversos setores das organizações, forçando os empreendimentos a se adaptarem, buscando por uma posição de destaque perante o mercado. Por esse motivo, esta pesquisa tem a finalidade de abordar a análise da viabilidade para a implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS) no Hospital Alfa, tendo como base as premissas estabelecidas pela certificação OHSAS 18.001. Por isso, a fim de tornar a concretização visível aos colaboradores da empresa, nesta análise foram utilizados formulários de maneira descritiva e qualitativa, pois essas formas permitem maior interação com o cotidiano da linha de produção organizacional. O Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) é um instrumento que permite mitigar o índice de resíduos gerados na rede hospitalar, proporcionando a proteção dos colaboradores, bem como a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

Palavras-chave: Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Gestão de Riscos. Saúde e Segurança Ocupacional. Certificação OHSAS 18.001. Centro Hospitalar.

Abstract: The corporate scenario boosted by globalization has made recent changes in various sectors of the organizations, forcing enterprises to adapt, seeking a prominent position in the market. For this reason, this research has the purpose of approaching the feasibility analysis for the implantation of the Health Service Waste Management Plan (HSWMP) at Hospital Alfa, based on the premises established by OHSAS 18.001 certification. Therefore, in order to make the achievement visible to company employees, forms were used in a descriptive and qualitative way in this analysis, because these research forms allow greater interaction with the daily organizational production line. The Health Services Waste Management Plan (HSWMP) is an instrument that allows to mitigate the index of waste generated in the hospital network, providing the protection of employees, as well as the preservation of public health, natural resources and the environment.

Keywords: Solid Waste Management. Risk Management. Occupational Health and Safety. Certification OHSAS 18.001. Hospital Center.

1 INTRODUÇÃO

O cenário empresarial impulsionado pela globalização têm possibilitado recentes alterações em diversos setores das organizações, forçando os empreendimentos a se adaptarem, buscando por uma posição de destaque perante o mercado. De acordo com Conte e Durski (2002), as mudanças impostas pela globalização têm se mostrando impulsionadoras da criação de uma nova relação existente entre o trabalho, a gestão, a aprendizagem e a capacidade de os colaboradores atuarem e colaborarem para o crescimento das companhias. Nesta etapa do mercado, torna-se necessário que as empresas adotem uma visão mais abrangente quanto aos aprimoramentos que ocorrem na produção e, com isso, elevem o controle de qualidade para competir em um patamar de igualdade com o seus concorrentes.

Para Gonçalves (2000), “o futuro vai pertencer às empresas que conseguirem explorar o potencial da centralização das prioridades, as ações e os recursos nos seus processos”. Mediante a aplicação de estudos correlacionados à gestão de riscos de saúde ocupacional dos colaboradores, torna-se possível interpretar que, a partir das novas formas de gerenciamento, as organizações podem se movimentar para adquirir um melhor entendimento das atividades internas e, a partir disso, responder às mudanças de um sistema competitivo.

Essa forma de gerenciamento tem incentivado transformações em vários setores da economia. As Organizações Pan-Americanas de Saúde (OPAS), na década de 1990, difundiram alguns padrões de qualidade e de segurança ocupacional que passaram a ser disseminados pelas organizações prestadoras de serviços a saúde. Diante desse novo fato, houve a necessidade de se intensificarem as práticas de monitoramento de processos tanto no âmbito administrativo quanto no âmbito operacional (MARTINI, 2009).

Por esse motivo, esta pesquisa tem a finalidade de analisar a viabilidade para a implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS) no Hospital Alfa, tendo como base as premissas estabelecidas pela certificação OHSAS 18.001.

Tramontini (2009) ressalta que tais desafios têm elevado a preocupação de políticas públicas, legislações e certificações internacionalmente conhecidas, como a OHSAS 18001, certificação que estabelece um eixo de orientação do ambiente de trabalho e a preservação da saúde ocupacional dos colaboradores.

Para assegurar o atendimento a esses requisitos referentes à segurança e à saúde ocupacional, é preciso que o processo utilize os recursos de forma adequada, pois são eles que determinam a qualidade do serviço que será gerado. O controle dos processos envolve a necessidade de estabelecer variáveis que permitem definir parâmetros de controle e de desempenho para evidenciar, com precisão, a utilização dos recursos.

Dessa maneira, por submeter os colaboradores funcionários a riscos ocupacionais de diversa natureza devido à exposição a fatores de caráter variado, como físicos, químicos, psicossociais, ergonômicos e biológicos, os empreendimentos do segmento hospitalar têm procurado atender as diretrizes estabelecidas pela certificação OHSAS 18001 quanto ao gerenciamento dos resíduos de serviços da saúde, permitindo, assim, a quebra de barreiras comerciais junto a determinados mercados e fazendo com que a integração dos procedimentos hospitalares seja uma excelente redução de custos e gastos desnecessários.

Além disso, atualmente uma grande responsabilidade passou a fazer parte do papel da rede hospitalar brasileira: a adoção de práticas de biossegurança em seu ambiente implica não apenas o fornecimento de um serviço seguro, como também uma postura responsável para com a sociedade, servindo de exemplo a ser seguido por diferentes segmentos industriais. Apesar disso, atualmente no Brasil, há poucos hospitais que possuem o seu PGRSS em conformidade com a norma supracitada. O Hospital Alfa busca atingir esse objetivo de fazer a diferença, alcançando todos os benefícios trazidos pelo atendimento, respeitando todos os requisitos da certificação OHSAS 18.001.

Quanto às formas de abordagem, os autores desta pesquisa utilizaram uma abordagem qualitativa, pois permite ao pesquisador estabelecer um comparativo entre o mundo físico e o cenário do pesquisador, permitindo a este analisar e interpretar determinados fenômenos sem que lhe sejam atribuídos dados quantitativos ou de técnicas estatísticas (MARCONI; LAKATOS, 2006). Nesta pesquisa, será realizada uma análise qualitativa do planejamento, desenvolvimento, controle e execução da implantação de um Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde – PGRSS no Hospital Alfa; além disso, serão avaliadas as dificuldades encontradas no processo de implantação dessa nova maneira de gerenciar os resíduos gerados pelo hospital em análise.

Já quanto aos fins, a metodologia utilizada nesta pesquisa pode ser considerada como descritiva. Segundo as autoras Silva e Menezes (2005), uma pesquisa descritiva visa a descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Em alguns casos, esse tipo de pesquisa fornece técnicas que servem de padrão para que se estabeleça determinada coleta de dados: levantamento por formulários ou observação sistemática.

2 GESTÃO DE RISCOS OCUPACIONAIS

O risco pode ser caracterizado como um agrupamento de fatores que tem a capacidade de ocasionar efeitos adversos ao bem-estar do colaborador, dentre os quais é possível destacar a morte, as lesões e doenças ou danos à saúde. Segundo Heleodoro (2012), a incidência desse risco está correlacionada a fatores como a maneira como é realizada a organização dos procedimentos de trabalho, as relações institucionais e o nível de hierárquico.

Para ampliar o poder de verificação quanto aos riscos operacionais, os autores Carvalho e Rabechini Jr. (2006) explicam que a área de gestão de riscos tem recebido uma atenção constante para auxiliar na diminuição dos riscos que envolvam o setor

operacional da organização. Assim, a gestão dos riscos ocupacionais tem o objetivo de impedir que alguma atividade comprometa a saúde dos funcionários, adequando-se, de maneira favorável, às condições laborais e ao ser humano (PERALTA *et al.*, 2012).

Para tanto, o gerenciamento de risco ocupacional é, geralmente, acompanhado por uma prévia avaliação dos riscos, que leva em consideração as informações obtidas através de análise realizada no ambiente de trabalho, a qual auxilia na elaboração de uma metodologia que minimize a ocorrência desses riscos (CAGNO *et al.*, 2011).

Uma das formas atualmente utilizada para o desenvolvimento de avaliação quanto aos riscos existentes em determinado processo é realização de atividades de verificação da análise da cadeia produtiva, tendo como base os parâmetros das normas relativas à gestão da saúde e segurança ocupacional.

2.1 MAPEAMENTO DE RISCOS

O mapeamento de riscos é uma representação gráfica dos possíveis acidentes no ambiente de trabalho. Segundo os autores Bitencout, Quelhas e Lima (1999), para garantir a eficiência desse tipo de representação gráfica, torna-se imprescindível que os colaboradores que atuam no setor auxiliem na sua elaboração, pois só assim será possível demarcar todos os riscos envolvidos no processo produtivo.

Além disso, os mesmos autores salientam que esse mapeamento deve ser realizado de forma anual, ou seja, toda vez que é alterado o *layout* ou quadro de colaboradores, deve-se realizar um novo mapeamento com o objetivo de verificar riscos não evidenciados anteriormente. Para garantir uniformidade no processo de elaboração do mapeamento de riscos, é necessário conhecer os riscos ambientais existentes e, em seguida, deve-se agrupá-los em um dos cinco agentes existentes: (I) agentes químicos, (II) agentes físicos, (III) agentes biológicos, (IV) agentes ergonômicos e (V) agentes mecânicos (BARSANO; BARBOSA, 2014). O Quadro 1 exemplifica os riscos ambientais existentes, bem como sua classificação.

Quadro 1 – Classificação dos principais riscos ocupacionais divididos em grupos de acordo com sua natureza

Grupo	Riscos	Cor de Identificação	Descrição
1	Físicos	Verde	Ruído, calor, frio, pressões, umidade, radiações ionizantes e não ionizantes, vibrações, etc.
2	Químicos	Vermelho	Poeiras, fumos, gases, vapores, névoas, neblinas, etc.
3	Biológicos	Marrrom	Fungos, vírus, parasitas, bactérias, protozoários, insetos, etc.
4	Ergonômicos	Amarelo	Levantamento e transporte manual de peso, monotonia, repetitividade, responsabilidade, ritmo excessivo, posturas inadequadas de trabalho, trabalhos em turnos, etc.
5	Acidentais	Azul	Arranjo físico inadequado, iluminação inadequada, incêndio e explosão, eletricidade, máquinas e equipamentos sem proteção, quedas e animais peçonhentos.

Fonte: Hokeberg *et al.* (2006)

Os riscos são determinados graficamente por cores e círculos. O tamanho do círculo identifica o grau de risco, podendo ser risco pequeno, médio ou grande. Para Neves *et al.* (2006), as cores têm a finalidade de chamar a atenção de quem está visualizando e são divididas através dos grupos: I (vermelha), II (verde), III (marrom), IV (amarelo) e V (azul).

Desse modo, a elaboração de um mapeamento de riscos se torna fundamental para organizar conhecimentos necessários para disseminar a segurança e a saúde do trabalho dos colaboradores, uma vez que a divulgação de informações alerta, conscientiza e estimula a participação dos usuários nas atividades de prevenção de riscos ocupacionais. Nos últimos anos, a certificação OHSAS 18001 se tornou uma ferramenta capaz de fornecer maior confiabilidade quanto aos riscos existentes no ambiente operacional das organizações (HELEODORO, 2012).

3 NORMA OHSAS 18001 PARA GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL

A OHSAS 18001 pode ser interpretada como um sistema de gestão que possui características similares a ISO 9000 e a ISO 14001, mas que apresenta um objetivo voltado para saúde e segurança ocupacional. Trata-se, portanto, de uma certificação que possibilita que as organizações aprimorem e mantenham o nível de saúde e segurança ocupacional alcançado (CARRIJO *et al.*, 2012).

Para Seifert (2010), a adoção dessa norma possibilita a inserção de um sistema de saúde e segurança ocupacional que reduz ou elimina de maneira definitiva os riscos a que os colaboradores e outras partes interessadas – integrantes ou não da organização – possam estar expostos durante realização das atividades diárias do processo produtivo. Colenghi (2007) salienta que a *Occupation Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) 18001, estabelece as especificações para a certificação de Sistemas de Gestão de Segurança e Higiene no Trabalho.

Dessa forma, Heleodoro (2012) destaca alguns pontos em que a implantação da certificação OHSAS 18001 traz benefícios para a organização, dos quais é possível destacar: o fortalecimento da imagem dos empregados para com os clientes, a manutenção de um clima organizacional produtivo entre gestores e colaboradores e a redução de acidentes, elevando a produtividade dos funcionários.

Para a implementação da OHSAS 18001, torna-se necessária a execução de um relatório com o diagnóstico inicial acerca dos principais riscos ocupacionais, relacionando-o às atividades de segurança e saúde ocupacional com base nessa normativa referente a essa certificação (HELEODORO, 2012).

3.1 PLANO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DO SERVIÇO DE SAÚDE (PGRSS)

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (2004), o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) é um manual que tem o objetivo de descrever as ações relativas ao manejo dos resíduos sólidos em serviços de caráter hospitalar, observando as suas características e riscos e

contemplando todos os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como as ações utilizadas para garantir a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Dessa maneira, a importância da elaboração do PGRSS está correlacionada à necessidade de se realizarem cuidados especiais durante o manejo e o transporte desses resíduos. O gerenciamento de resíduos sólidos, conforme o IPT/CEMPRE (2000), deve ser implantado com base em um programa de gerenciamento de resíduos de serviços da saúde formulado através de um conjunto de procedimentos de gestão, planejamento e controle, e deve ser desenvolvido a partir de conceitos científicos, normativos e legais, cujo objetivo é proporcionar que os resíduos gerados sejam encaminhados a um local seguro e de forma adequada, visando à proteção dos colaboradores, à preservação da saúde pública e do meio ambiente.

Assim, para garantir a eficácia desse procedimento, torna-se necessário o aprimoramento contínuo desse manual, portanto, em um programa de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, faz-se necessário que haja um constante acompanhamento, com revisões críticas do que se pode melhorar continuamente.

Conforme a Resolução da ANVISA RDC 306/2004, o PGRSS consiste em um

[...] documento que aponta e descreve as ações relativas ao manejo dos resíduos sólidos, observadas suas características e riscos, no âmbito dos estabelecimentos, contemplando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como as ações de proteção à saúde pública e ao meio ambiente. (ANVISA, 2004, p. 5).

A implantação do PGRSS possibilita um melhor gerenciamento das rotinas e procedimentos dos resíduos e das relações entre as atividades e o meio ambiente (NEVES, 2006).

3.2 OS RISCOS OCUPACIONAIS DURANTE O PROCESSO DE ELIMINAÇÃO DOS RESÍDUOS DO SERVIÇO DE SAÚDE

Para Martini (2009), os riscos ocupacionais estão inseridos nas atividades patogênicas nocivas à saúde ou naquelas cuja natureza oferece risco às condições de trabalho. Os principais riscos ocupacionais estão interligados aos agentes biológicos, químicos e físicos, além de serem percebidos nos agentes ergonômicos, e aos riscos de acidente de trabalho.

Em virtude desse fato, Neves (2006) salienta que os trabalhadores que são submetidos diariamente a esses tipos de serviços de saúde estão sendo submetidos a vários riscos ocupacionais, principalmente ao risco biológico, devido à possível presença de microrganismos, como bactérias, vírus e fungos. Por esse motivo, torna-se necessário que os colaboradores estejam utilizando adequadamente os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) durante a execução de determinada atividade operacional.

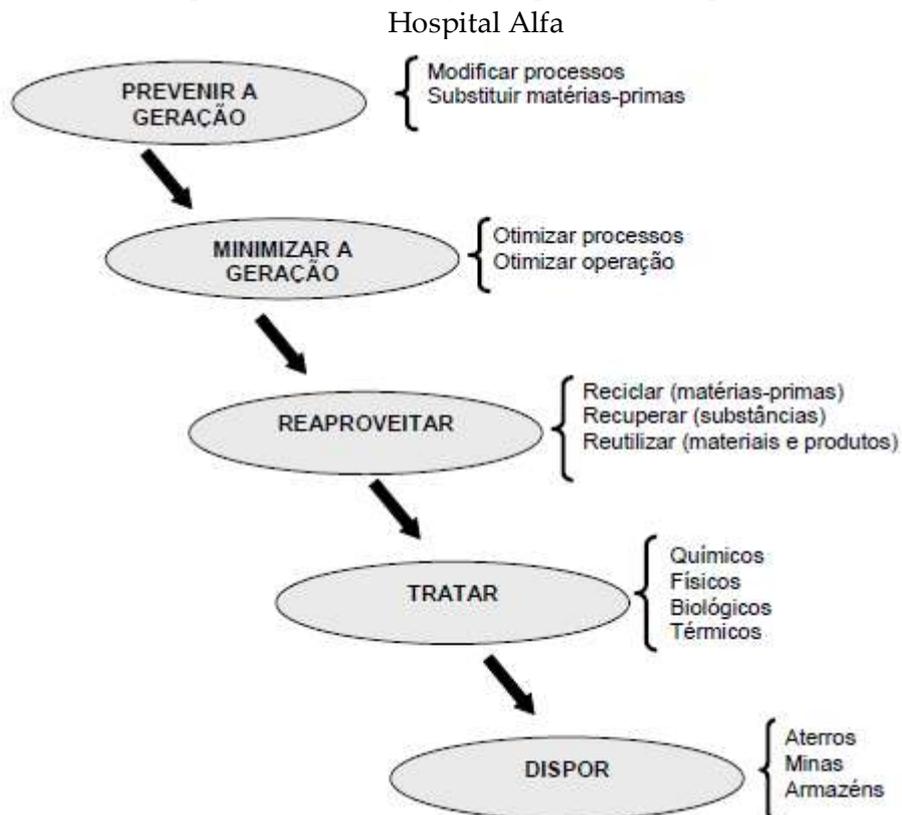
A questão dos resíduos de serviços de saúde não pode ser analisada apenas no aspecto da transmissão de doenças infecciosas. Também está envolvida a questão da saúde do trabalhador, sendo essas questões preocupações da biossegurança. (GARCIA; RAMOS, 2004).

Torna-se imprescindível que os profissionais que trabalham no serviço de eliminação de resíduos, mesmo os que atuam temporariamente ou não estejam diretamente envolvidos nas atividades de gerenciamento de resíduos, tenham conhecimento do sistema adotado para o gerenciamento de RSS, das práticas adotadas para a segregação de resíduos, além de reconhecerem símbolos, expressões, padrões de cores adotados, localização dos abrigos de resíduos, dentre outros fatores indispensáveis à completa integração ao PGRSS (ANVISA, 2004).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O PGRSS do Hospital Alfa foi desenvolvido para obedecer à escala de prioridades apresentada na Figura 1, visando prevenir, minimizar, reciclar, recuperar e reutilizar os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) produzidos na referida empresa.

Figura 1: Escala de prioridades a ser seguida quando da implantação do PGRSS no



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O pessoal envolvido diretamente com os processos de higienização, coleta, transporte, tratamento e armazenamento de resíduos deve ser submetido a exame

médico admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional, conforme estabelecido no Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) da Portaria nº 3214 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) ou em legislação específica para o serviço público.

Os trabalhadores devem ser imunizados em conformidade com o Programa Nacional de Imunização (PNI), devendo ser obedecido o calendário previsto neste programa ou naquele adotado pelo estabelecimento. Os trabalhadores imunizados devem realizar controle laboratorial sorológico para avaliação da resposta imunológica. Esses exames serão realizados através de um cronograma, obedecendo-se às diretrizes estipuladas pelas Normas Reguladoras (NRs) do MTE.

O pessoal envolvido diretamente com o gerenciamento de resíduos deve ser capacitado na ocasião de sua admissão e mantido sob educação continuada para as atividades de manejo de resíduos, incluindo a sua responsabilidade com higiene pessoal, dos materiais e dos ambientes.

A capacitação deve abordar a importância da utilização correta de equipamentos de proteção individual – uniforme, luvas, avental impermeável, máscara, botas e óculos de segurança específicos a cada atividade, bem como a necessidade de mantê-los em perfeita higiene e estado de conservação.

Os resíduos de serviços de saúde gerados no Hospital Alfa foram separados no momento e no local de sua geração, de acordo com as características físicas, químicas, biológicas e riscos envolvidos.

O manejo, a segregação, o acondicionamento, a identificação, o transporte interno, o armazenamento temporário, o tratamento, o armazenamento externo, a coleta e o transporte externos e a disposição final dos RSS gerados no Hospital Alfa seguiram as diretrizes impostas pela RDC 306/2004.

4.1 ETAPAS DE GERENCIAMENTO DOS RSS GERADOS

4.1.1 Manejo

O manejo dos Resíduos Sólidos da Saúde (RSS) é entendido como a ação de gerenciar os resíduos em seus aspectos intra e extra-estabelecimento, desde a geração até à disposição final, incluindo as seguintes etapas:

4.1.2 Minimização da geração

A geração de resíduos deve ser mantida a níveis mínimos praticáveis de volume, pois, além de minimizar a exposição a agentes perigosos presentes em algumas frações, há redução dos custos para o gerenciamento.

4.1.3 Manuseio seguro

Essa operação envolve risco potencial de acidente, principalmente para os profissionais que atuam na coleta, no transporte e na disposição final dos resíduos. Com o objetivo de proteger as áreas do corpo expostas ao contato com os resíduos, os

funcionários devem, obrigatoriamente, usar Equipamento de Proteção Individual (EPI), conforme previsto na NR-6 do Manual de Segurança e Medicina do Trabalho e seguirem a NR-32, sobre Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde.

4.1.4 Segregação na origem

Consiste na separação dos resíduos no momento e no local de geração, de acordo com as características físicas, químicas, biológicas e radiológicas, estado físico (sólido e líquido) e forma química. Devem-se considerar sempre as exigências de compatibilidade química dos resíduos entre si para que acidentes sejam evitados.

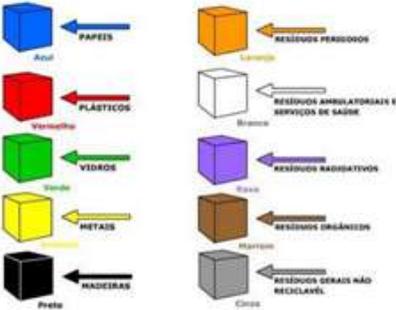
4.1.5 Acondicionamento

Consiste no ato de colocar os resíduos segregados em embalagens adequadas que evitem vazamentos e resistam às ações de punctura e ruptura. A capacidade dos recipientes de acondicionamento deve ser compatível com a geração diária de cada tipo de resíduo obedecendo aos limites de enchimento.

4.1.6 Identificação

Devem-se utilizar rótulos (símbolos e expressões) para identificar os recipientes de acondicionamento, carros de transporte interno e externo, sala e abrigos de resíduos (locais de armazenamento). A identificação deve obedecer aos seguintes critérios:

Quadro 2 – Símbolos de identificação dos Grupos de Resíduos Sólidos utilizados pelo Hospital Alfa

Símbolos de identificação dos grupos de resíduos	
<p>Grupo A: são identificados pelo símbolo de substância infectante, com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos.</p>	
<p>Grupo B: são identificados através do símbolo de risco associado e com discriminação de substância química e frases de risco.</p>	
<p>Grupo C: são representados pelo símbolo internacional de presença de radiação ionizante (trifólio de cor magenta) em rótulos de fundo amarelo e contornos pretos, acrescido da expressão MATERIAL RADIOATIVO.</p>	
<p>Grupo D: podem ser destinados à reciclagem ou à reutilização. Quando adotada a reciclagem, sua identificação deve ser feita nos recipientes e nos abrigos de guarda de recipientes, usando código de cores e suas correspondentes nomeações, baseadas na resolução CONAMA 275/01, e símbolos de material reciclável.</p> <p>Para os demais resíduos do grupo D deve ser utilizada a cor cinza ou preta nos recipientes. Pode ser seguida de cor determinada pela Prefeitura.</p> <p>Caso não exista processo de segregação para reciclagem, não há exigência para a padronização de cor destes recipientes.</p>	 
<p>Grupo E: são identificados pelo símbolo de substância infectante, com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos, acrescido da inscrição RESÍDUO PERFUROCORTE, indicando o risco que apresenta o resíduo.</p>	 <p>RESÍDUO PERFUROCORTE</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

4.1.7 Tratamento interno

Consiste na aplicação de método, técnica ou processo que modifique as características dos riscos inerentes aos resíduos, reduzindo ou eliminando o risco de contaminação, de acidentes ocupacionais ou de danos ao meio ambiente. O tratamento dos subgrupos A1 e A2 devem ser, obrigatoriamente, dentro do estabelecimento de

saúde, salvo as bolsas de sangue rejeitadas e vacinas de campanha de vacinação que, opcionalmente, podem ser submetidas a tratamento externo.

4.1.8 Coleta e transporte interno

Consiste no traslado dos resíduos dos pontos de geração até ao local destinado ao armazenamento temporário ou ao armazenamento externo, com a finalidade de apresentação para à coleta. O roteiro deve ser previamente definido e ocorrer em horários não coincidentes com a distribuição de roupas, alimentos e medicamentos, períodos de visitas ou de maior fluxo de pessoas ou atividades.

4.1.9 Armazenamento temporário

Trata-se da contenção temporária dos recipientes contendo os resíduos já acondicionados, em local próximo aos pontos de geração, visando agilizar a coleta dentro do estabelecimento e otimizar o deslocamento entre os pontos geradores e o ponto destinado para coleta externa. Não poderá ser feito armazenamento temporário com disposição direta dos sacos sobre o piso, sendo obrigatória a conservação dos sacos em recipientes de acondicionamento.

4.1.10 Registros para controle dos resíduos especiais

É a etapa que assegura o rastreamento dos resíduos químicos e perigosos e rejeitos radioativos, como também dos materiais recicláveis e dos resíduos orgânicos destinados para alimentação animal e compostagem. Os registros devem ser atualizados sistematicamente, para fins de monitoramento dos indicadores e fiscalização. As planilhas devem ser específicas para cada tipo de monitorado.

4.1.11 Armazenamento externo

É a contenção temporária de resíduos em área específica, denominada “abrigo de resíduos”, durante o aguardo da coleta externa, para a destinação visando ao tratamento ou à disposição final. Deve ter identificação na porta; os sacos de resíduos devem permanecer dentro dos contêineres devidamente identificados e o acesso deve ser facilitado para os veículos coletores.

4.1.12 Coleta e transporte externo

Consiste no recolhimento dos resíduos do abrigo de resíduos e na sua remoção para a destinação visando ao tratamento ou à disposição final.

4.1.13 Tratamento externo

Consiste no tratamento externo ao serviço de saúde gerador. As bolsas de sangue rejeitadas e vacinas de campanha de vacinação e os resíduos de atenção à saúde

de indivíduos ou animais com suspeita ou certeza de contaminação com microorganismos. Classe de Risco 4, com relevância epidemiológica e risco importante deve ser encaminhadas para o tratamento externo. Os resíduos perigosos do grupo B também necessitam de ser tratados antes da disposição final, a fim de não causarem poluição e danos ao meio ambiente e à saúde coletiva.

4.1.14 Tratamento externo

Instalação recomendada quando é grande a distância a ser percorrida pelos usuários até ao ponto de disposição final, não havendo beneficiamento algum ou tratamento dos resíduos nessa operação.

4.1.15 Disposição final

O aterramento em solo, em local licenciado (aterro sanitário ou outro), dos subgrupos A1 e A2, após tratamento prévio, e do subgrupo A4 (sem exigência de tratamento), é a técnica reconhecida e permitida atualmente no Brasil (Resolução nº 358/2005 do CONAMA e Portaria da FEAM nº 361/2008), além de ser economicamente mais compatível com a realidade econômica do país. Os subgrupos A3 e A5 não são produzidos pelas Unidades Básicas de Saúde.

4.2 GERENCIAMENTO DOS RSS GERADOS

O transporte interno de resíduos deve ser realizado atendendo roteiro previamente definido e em horário não coincidente com o de maior fluxo de pessoas ou de atividades, sempre que factível, o chamado roteiro cruzado. A coleta e o transporte interno dos resíduos deverão ser realizados iniciando-se pelos resíduos menos contaminados e, em seguida, deverão ser transportados os mais contaminados. Os recipientes para armazenamento devem ser constituídos de material rígido, lavável, impermeável, providos de tampa articulada ao próprio corpo do equipamento, cantos e bordas arredondados, e serem identificados com o símbolo correspondente ao risco do resíduo neles contidos, de acordo com Regulamento Técnico, aqui definido como bombona. O procedimento deve ser feito separadamente de acordo com o grupo de resíduos e em recipientes específicos para cada grupo de resíduos.

Resíduos do grupo A serão acondicionados em lixeiras com saco plástico branco leitoso (seguindo regulamento técnico), que, depois de preenchido em seus 2/3, serão retirados e fechados em sua abertura através de nós ou lacres.

Resíduos do grupo B serão acondicionados nos recipientes originais e, assim que preenchidos, deverão ser deslocados até o expurgo ou armazenamento interno onde deverão ser colocados dentro de bombona específica para o grupo B.

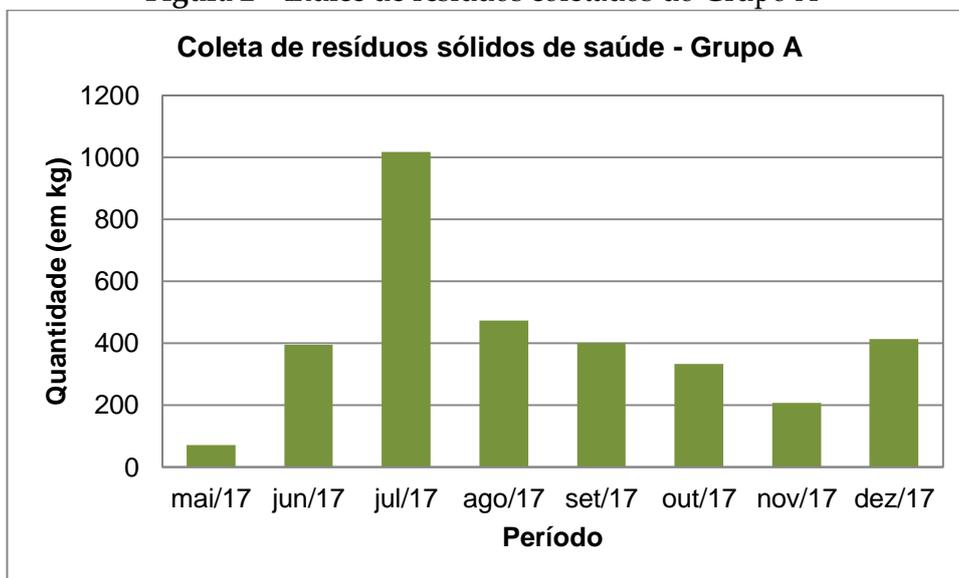
Resíduos do grupo D serão acondicionados em sacos plásticos pretos ou azuis, que, quando preenchidos até 2/3 de sua capacidade, serão retirados, terão sua abertura amarrada e serão deslocados até o local de armazenamento interno (contêineres) e posteriormente destinados a coleta de resíduos comuns, não necessitando permanecer em abrigo externo.

Resíduos do grupo E serão acondicionados em *descarpack* de acordo com regulamento técnico, localizados no próprio setor e, quando preenchidos até 2/3 de sua capacidade, deverão ser fechados e deslocados até o expurgo armazenamento interno, onde serão colocados em bombona específica para resíduos do grupo E.

Em todos os casos, os resíduos deverão ser transportados por funcionário capacitado e devidamente paramentado, de forma que os recipientes não toquem a superfície corporal nem a roupa, tomando o devido cuidado para evitar puncturas e avarias. As mesmas recomendações deverão ser seguidas para o transporte interno do expurgo (armazenamento interno ou temporário) para o local de armazenamento externo.

Dessa maneira, após a conclusão de todas as etapas referentes à implantação do PGRSS, foi possível identificar e quantificar os resíduos que foram gerados no Hospital Alfa. A Figura 2 demonstra o índice de resíduos coletados do Grupo A, no período de maio a dezembro de 2017.

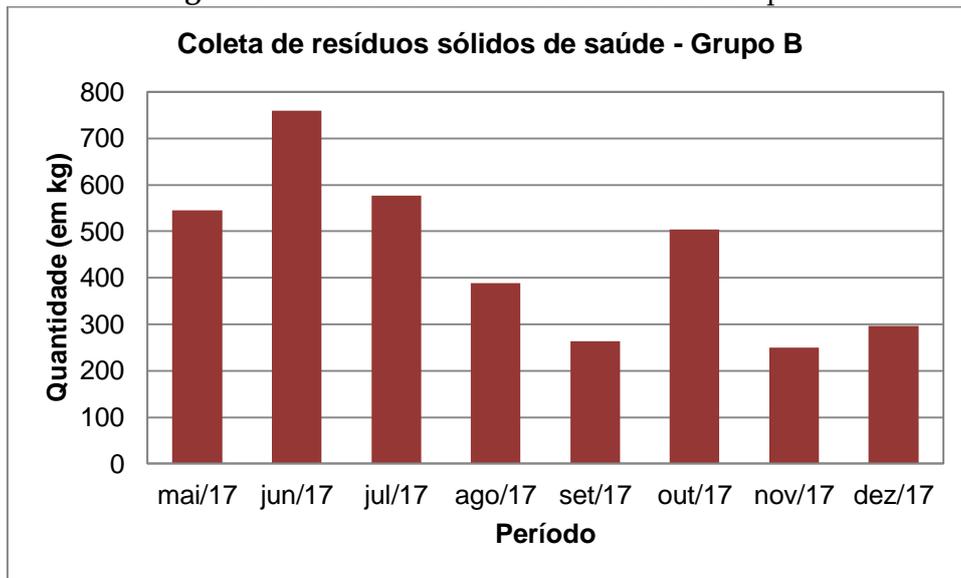
Figura 2 – Índice de resíduos coletados do Grupo A



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

É possível evidenciar, por meio da Figura 2, os meses que obtiveram maior e menor índice de resíduos sólidos coletados; por esse motivo, foi possível que o hospital evidenciado contratasse uma empresa terceirizada que tivesse a capacidade de realizar uma coleta, com constantes variações dos níveis de coleta, já que houve algumas discrepâncias relevantes entre os meses. Em seguida, foram contabilizados os materiais recolhidos no grupo B (Figura 3).

Figura 3 – Índice de resíduos coletados do Grupo B

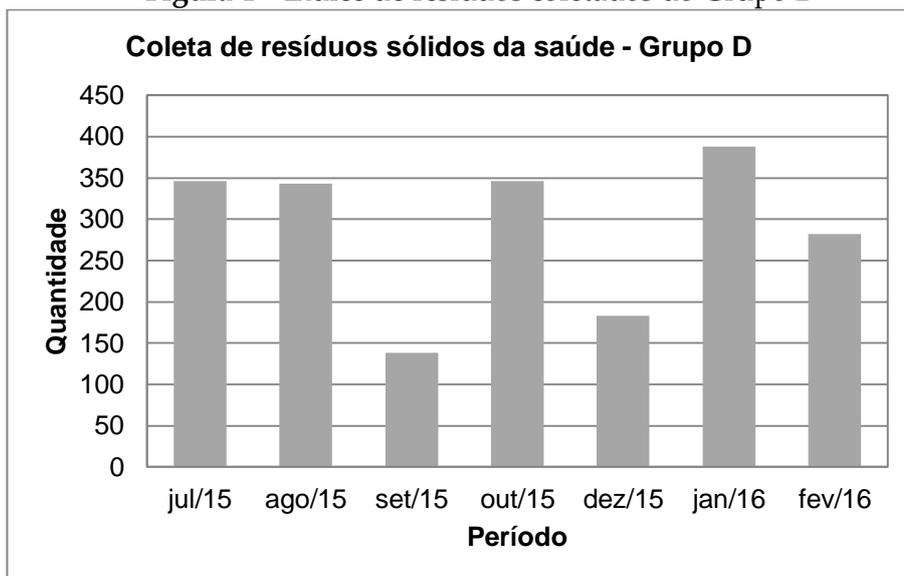


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Nessa figura, foi possível evidenciar que houve uma pequena variação nos resíduos sólidos coletados no Grupo B, obtidos pelo hospital. A partir desses dados, foi possível realizar a contratação de uma empresa que destinasse os resíduos com maior poder de exatidão, já que, pelas análises realizadas, não há uma variação de resíduos como nos Grupos A e E.

O Hospital Alfa não presta serviços com material radioativo e, por esse motivo, não há a necessidade de realizar a contratação de uma empresa que recolha os materiais do Grupo C (grupo dos materiais radioativos). Já para o Grupo D (grupo dos materiais que podem sofrer algum tipo de reciclagem), a Figura 4 demonstra os resíduos coletados.

Figura 4 – Índice de resíduos coletados do Grupo D

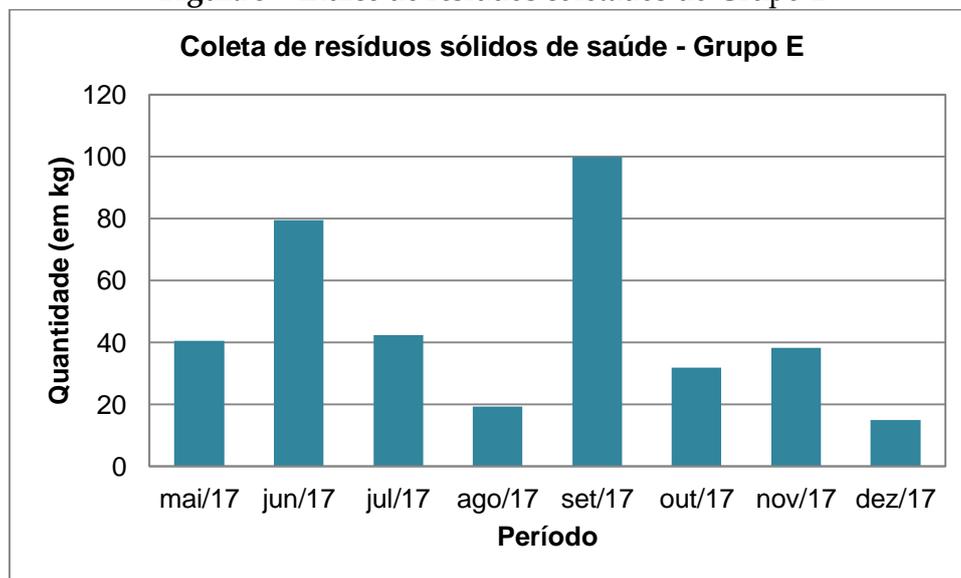


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Por meio dessa imagem, foi possível identificar o índice de itens que podem ser encaminhados para um instituto de reciclagem da região. Além disso, como esses resíduos podem ser reutilizados, tornou-se possível a elaboração de uma parceria com essa empresa, para que ela coletasse todos os resíduos gerados desse grupo. Foi possível evidenciar também que o lucro obtido com a venda desses materiais vendidos auxilia nas despesas com o processo de terceirização do transporte dos resíduos gerados pelos Grupos A, B e E.

Outro fato evidenciado é que os resíduos orgânicos gerados são destinados às cooperativas de compostagem, auxiliando no processo de adubação das hortas das comunidades carentes da região próxima ao hospital.

Figura 5 – Índice de resíduos coletados do Grupo E



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Assim como no Grupo A, foi observado que há uma variação significativa dos resíduos coletados no Grupo E (grupo responsável pelos materiais perfurocortantes, como materiais de coleta de sangue, injeções, entre outros). Nesse caso, houve a necessidade de realizar uma capacitação específica dos colaboradores que transportam esse material para o local de coleta. Além disso, foi realizado um controle rigoroso quanto à contratação da empresa que prestará o serviço de coleta, pois, por se tratar de um material que pode causar prejuízo à saúde de quem os transporta, o hospital torna-se responsável pelos danos à saúde de todos os colaboradores envolvidos no processo de destinação final dos resíduos da saúde gerados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) é um instrumento que permite mitigar o índice de resíduos gerados na rede hospitalar, proporcionando a proteção aos colaboradores, bem como a preservação da saúde

pública, dos recursos naturais e do meio ambiente. A utilização desses conceitos estratégicos tem se tornado primordial para garantir o desempenho socioambiental, pois essas mudanças de comportamento, frente às ações ambientais, fornecem níveis distintos de desenvolvimento no gerenciamento de realidades e, portanto, necessitam de soluções diferentes.

Dessa forma, este trabalho verificou as atividades utilizadas para a implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS) no Hospital Alfa, tendo como base as premissas estabelecidas pela certificação OHSAS 18.001. Por meio desta pesquisa, também foi possível evidenciar que, com essa nova forma de gerenciar os resíduos sólidos gerados pelo hospital em análise, todos os colaboradores estão mais seguros e têm mais controle dos resíduos que são gerados após o tratamento dos hospitalizados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. RDC n. 306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico para do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. **Diário Oficial**, Brasília, 10 dez. 2004. Disponível em: http://www.unifesp.br/reitoria/residuos/legislacao/arquivos/rdc_306_anvisa.pdf. Acesso em: 26 dez. 2016.

BARSANO, P. R.; BARBOSA, R. P. **Segurança do trabalho**: guia prático e didático. São Paulo: Érica, 2014.

BITENCOUT, C. L.; QUELHAS, O. L. G.; LIMA, G. B. A. **Mapa de riscos e sua importância**: como aplicá-lo a uma gráfica. In: Congresso Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro: Abepro, 1999.

CAGNO, E.; MICHELI, G. JL; PEROTTI, S.. Identification of OHS-related factors and interactions among those and OHS performance in SMEs. **Safety Science**, v. 49, n. 2, p. 216- 225, 2011.

CARRIJO, J. R. S.; FIDENCIO, R. D.; JUNIOR, A. P. **Implantação da OHSAS 18001**: um estudo de caso em uma empresa construtora da cidade de Bauru-SP. In: VIII Congresso nacional de excelência em gestão, Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, M. M; RABECHINI JUNIOR, R. **Competências para gerenciar projetos**: teoria e casos. São Paulo: Atlas, 2006.

COLENGHI, V. M. **O & M e qualidade total**: uma interpretação perfeita. 3. ed. Uberaba: Ed, V. M. Colenghi; 2007.

CONTE, Antônio Lázaro; DURSKI, Gislene Regina. Qualidade. In: MENDES, Judas Tadeu Grassi. **Gestão empresarial**. Curitiba: Editora Gazeta do Povo, 2002.

GARCIA, L. P.; RAMOS, B. G. Z. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. Rio de Janeiro. In: **Caderno de Saúde Pública**. v. 20, n.3: 744-752. maio/jun.2004.

GONÇALVES, José Ernesto Lima. As empresas são grandes coleções de processos. **RAE – Revista de Administração de empresas**. São Paulo, v.40, n.1, p. 6-19, jan/mar, 2000.

HELEODORO, A. **Avaliação de riscos à saúde e segurança do trabalho em uma unidade de beneficiamento de carvão**: estudo de caso. Monografia de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), 2012.

HÖKERBERG Y H. M. *et al* .O processo de construção de mapas de risco em um hospital. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro. v.11, n. 2, 2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MARTINI, J. G. **Auditoria em enfermagem**. São Paulo: Difusão editora, 2009.

NEVES, W. B. *et al*. Mapa de risco em laboratório clínico. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 36, 2006. Disponível em: http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio36/lab_36.pdf. Acesso em: 06 de jan. de 2017.

PERALTA, C. B. L; FERREIRA, E.P.; BITENCOURT, L.C. *Estudos e aplicações de melhorias ergonômicas em uma serraria*. **Anais**, XIX Simpósio de Engenharia de Produção, 2012.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 sistemas de gestão ambiental**: implantação objetiva e econômica. São Paulo: Atlas, 2010.

SILVA, E. L. da; MENEZES. E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**, UFSC, 4. ed. ver. atual. Florianópolis, 2005.

TRAMONTINI, Atilio. **Resíduos sólidos de serviços de saúde**: diagnóstico e diretrizes para gestão hospitalar. Passo Fundo/RS. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade de Passo Fundo.

Análise do torque para locomoção de carroça

Torque analysis for wagon locomotion

Núbia Cristina Simão

Graduanda do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM).

E-mail: nubia.csimao@hotmail.com

Flávio Moreira de Almeida

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: flaviomc@unipam.edu.br

Resumo: O objetivo do estudo foi avaliar a energia necessária para superar a força de atrito estático (FAE) de uma carroça em diferentes tipos de piso. A carroça é um meio de transporte que antecede ao advento dos veículos a vapor e possui vínculo cultural enraizado em cidades rurais. Foram utilizadas duas carroças (um e dois eixos). Foi determinada a força de energia necessária para superar a FAE, utilizando uma balança dinamométrica manual. A carroça foi testada em quatro superfícies planas (cimento, brita, areia e rodovia não pavimentada) sob três calibrações de pneus (10, 20 e 30 libras). Após o nivelamento, a carroça foi tracionada com o uso da balança dinamométrica, e o valor anotado no momento em que a carroça saiu da inércia e percorreu um metro em um segundo. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, e as médias entre os pisos foram comparadas pelas médias obtidas. A carroça de um eixo mostrou maior eficiência na calibração de 30 libras, exigindo menos esforço físico do animal.

Palavras-chave: Tração. Cavalo. Animais de tração.

Abstract: The objective of the study was to evaluate the energy required to overcome the static friction force (SFF) of a wagon in different types of ground. The wagon is a means of transportation that precedes the advent of steam vehicles, and has a cultural link rooted in rural towns. Two carts (one and two axles) were used. The energy required to overcome the AED was determined using a manual dynamometer. The wagon was tested on four flat surfaces (cement, gravel, sand and unpaved highway) under three tire gauges (10, 20 and 30 pounds). After leveling, the cart was drawn with the use of the dynamometric scale, and the value was noted down at the moment when the cart left the inertia and traveled a meter in a second. The design was completely randomized and the means between grounds were compared by averages obtained. The one-axle cart showed greater efficiency in the 30-pound calibration, requiring less physical effort from the animal.

Keywords: Traction. Horse. Draft animals.

1 INTRODUÇÃO

Diante do ainda atual uso de animais de tração, sabe-se que pouca importância tem sido dada a informações inerentes ao conjunto carroça e ao modo como essa tração pode interferir no esforço exigido pelo animal e conseqüentemente em sua saúde e bem-estar. O uso de animais de tração está ligado ao baixo custo econômico, sendo

usado em diversas formas, desde o plantio até o transporte de alimentos, dentre outras atividades atuais.

Por muitos séculos, os animais ajudaram o homem: servindo de montaria, movimentando máquinas estacionárias, carregando cargas e tracionando implementos agrícolas. Nos dias atuais ainda desempenham serviços inestimáveis, principalmente nas regiões menos desenvolvidas, nas propriedades cujo tamanho não comporte o uso de tratores ou como complemento nas grandes fazendas.

Pode-se considerar o animal como um “motor” que transforma a energia contida nos alimentos em trabalho mecânico (BERETTA, 1988). Os equídeos foram os principais animais responsáveis pela expansão produtiva e geográfica humana, principalmente devido à condição de gerador de força motriz, o que permite enquadrá-los em papel produtivo no conjunto de espécies de interesse zootécnico.

Atualmente, a equideocultura comercial objetiva a criação e a comercialização de animais atletas ou de lazer, porém a utilização de cavalos de tração ainda é o principal elemento para a subsistência de muitas famílias principalmente em periferias de cidades, sendo o principal modo de transporte de pequenas cargas. A sociedade infelizmente associa essa atividade a elementos problemáticos, por considerá-la subemprego, à marginalidade e aos maus-tratos, devido ao despreparo e desconhecimento dos condutores (ESCODRO *et al.*, 2010; JORDÃO *et al.*, 2011).

No entanto, a presença dos carroceiros nos médios e grandes centros urbanos brasileiros é crescente, fazendo emergir a necessidade de elaboração de leis municipais para normatizar a atividade em moldes aceitáveis para a maioria da população. As ações quase sempre tratam da identificação do veículo e do condutor por meio de placas e carteiras de habilitação (SOUZA, 2006), porém não consideram avaliações zoométricas e capacidade de carga individual dos animais. O conhecimento aprofundado do conjunto que compõe esse módulo de tração e transporte é essencial para a implementação de futuras normatizações, considerando como foco central o equídeo e o bem-estar animal.

As carroças tracionadas por equídeos são normalmente compostas por uma área de lastro suportada por um único eixo adaptado a rodas com pneus. A ligação com o animal é feita por meio de dois componentes de madeira, conhecidos comumente como braços da carroça, ligando-se ao selote no dorso do animal e à coalheira que fica em seu pescoço. São, portanto, voltadas para o transporte de cargas, assemelhando-se ao tradicional modelo eslavo desse veículo e deferindo das carretes e carruagens, que se prestam ao transporte de pessoas.

A classificação tipológica de um equídeo, quanto a sua aptidão para determinado trabalho, pode ser feita através de análises das relações existentes entre diversas medidas corporais do animal (ASTIZ, 2009). No Brasil, a avaliação desses parâmetros biométricos e a classificação de equinos carroceiros já foram realizados na cidade de Pelotas por Paz *et al.* (2013), que concluíram que os animais são inadequados para o trabalho de tração com cargas pesadas.

Adicionalmente aos índices avaliados por Paz *et al.* (2013), nos cavalos de Pelotas, a pesquisa também calculou os índices de carga no dorso do animal a passo e a galope por espécie (equino, asinino e muar), além de mensurações específicas associadas a atrelagem, criando subsídios para futuras pesquisas de avaliação de

capacidade de carga puxada na carroça por animal. O conhecimento da maneira que um animal de tração enfrenta sua rotina de trabalho nos ajuda a encontrar maneiras de aperfeiçoamento para facilitar a tração desses equipamentos, visando ao menor esforço gasto pelo animal e ao seu bem-estar.

O uso de animais de trabalho constitui um dilema ético, gerando discussões éticas, legais e morais. O status moral e o calor intrínseco dos animais frequentemente não são, em sua maioria, subjugados frente ao desejo de enriquecimento econômico e à necessidade de sobrevivência dos seres humanos. Há alguns anos, essa realidade está lentamente, modificando-se, o que pode ser traduzido pelo surgimento da ciência de bem-estar animal e pela atuação de diversas organizações não governamentais em prol dos animais. Elas não surgiram do nada; é uma consequência da demanda da sociedade em geral, que cada vez mais sensibiliza com o sofrimento dos animais.

Os animais não falam, portanto não argumentam, por isso não podem reclamar seus direitos. Cabe ao médico veterinário buscar alternativas viáveis que irão tanto integrar um tratamento mais ético e humanitário aos animais durante a exploração de seu trabalho, quanto facilitar o desenvolvimento social, cultural e econômico dos seres humanos.

A universidade como formadora de profissionais e como cerne da comunidade científica tem a obrigação moral de, por meio de projetos de extensão, levar aos produtores rurais, aos carroceiros, ao governo e a demais membros da comunidade o conceito de bem-estar animal e colocar os projetos de associar produtividade a baixo sofrimento dos animais em prática.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Fazenda Boa Vista, localizada no município de Lagamar (MG). Foi conduzido um experimento de avaliação do torque e energia necessária (newtons), para que se supere a força de atrito (FAE), de uma carroça com um eixo e outra com dois eixos, com calibragens de pneus diferentes (10, 20 e 30 libras), e uso de pisos diferentes: cimento, rodovia não pavimentada (RNP), brita e areia. As informações de força foram determinadas por meio de um dinamômetro de pressão manual portátil, em que a força equivalente foi anotada sempre que o conjunto carroça saía da inércia.

Para a estabilização do conjunto de frente, que é usado para ligar a carroça ao animal, foi usada uma corda de 8 mm com suas extremidades amarradas uma em cada varão da carroça, sendo seu meio direcionado para cima e apoiado pela concha de uma retroscavadeira até o ponto em que a carroça chegasse a um nível plano, determinado por um nível de bolha.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema duplo fatorial 3X3, sendo dois tipos de carroça (mono e duplo eixo), em quatro tipos de piso e 3 pressões de pneus. Para cada teste, foram realizadas 10 repetições. Os dados foram analisados no programa estatístico SAS e foram comparados pelo teste de tukey a 5% de probabilidade para o erro do tipo I.

Referências: (a) Carroça com 01 eixo: medias: 2,00 comp. x 1,20 larg. x 0,45 alt., 02 feixes de molas reforçadas, 02 rodas (aro 21 raiado), 02 pneus 115/678, 02 varais e 01

banco, peso 118 Kg. (b) Carroça com 02 eixos: medidas: 3.10 comp. x 1.20 larg. x 0.40 alt., 04 feixes de molas reforçadas, 04 rodas (aro 21 raiado), 04 pneus 115/678, 02 varais, chassi reforçado de cantoneira 2x3/16", eixo da frente giratório, sistema de freio, 02 bancos, peso 140 Kg.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As aferições foram realizadas para os dois modelos de carroças. Para cada calibragem de pneus e tipos de terreno, foram realizados dez testes e anotados assim que o conjunto carroça saiu da inércia.

Foram construídas tabelas para apresentar os dados obtidos durante toda a pesquisa. A Tabela 1 demonstra os resultados obtidos para a força que foi utilizada pelo animal na carroça de monoeixo em diferentes pavimentos e suas respectivas médias.

Tabela 1 – Resultados referentes com medidas em libras em relação aos vários pavimentos e suas referentes médias para monoeixo

Monoeixo (libras)	Areia	RPN	Brita	Cimento	Média (libras)
10 lb	36,3	12,6	9,1	8,1	16,5
20 lb	31,2	11,5	7,7	6,6	14,3
30 lb	26,7	9,2	6,9	5,7	12,1
Média de superfície	31,4	11,1	7,9	6,8	14,3
% de aumento de esforço/Libras	1,79%	1,82%	1,59%	2,11%	1,80%

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo essa tabela, é possível constatar que, em média, o cimento teve o menor esforço, seguido pelo brita, RNP e a areia, sendo esta última a que consequentemente exigiu mais esforço.

Também foi realizada uma compilação de dados quanto à carroça de duplo eixo, de acordo com a Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Resultados das medidas em libras em relação aos vários pavimentos e suas referentes médias para duplo eixo

Duplo eixo (libras)	Areia	RPN	Brita	Cimento	Média (libras)
10 lb	37,3	34,4	38,1	13,7	30,9
20 lb	33,7	29,9	33,3	9,9	26,7
30 lb	30,0	26,5	29,3	7,2	23,3
Média de superfície	33,7	30,3	33,6	10,3	26,9
% de aumento de esforço/Libras	1,22%	1,49%	1,50%	4,51%	2,20%

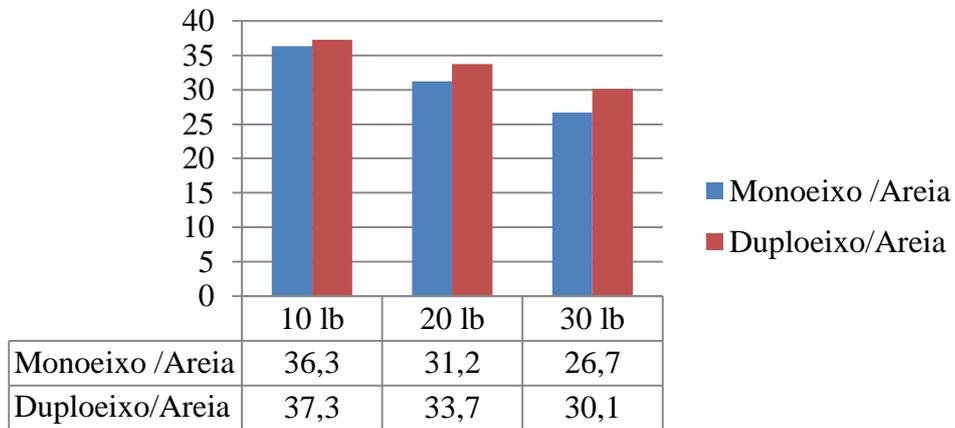
Fonte: Dados da pesquisa

Em análise da carroça de duplo eixo em relação à média de menor esforço do animal para retirar a carroça da inércia, foi possível observar uma diferença em comparação com os dados da Tabela 1.

A carroça de duplo eixo exigiu, no cimento, o menor esforço, seguido da RNP, brita e areia.

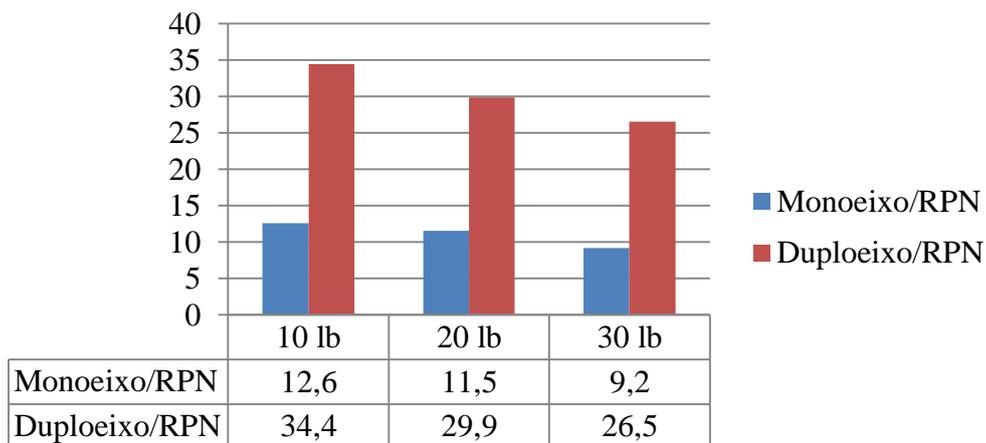
Para que os resultados ficassem mais evidentes, foram montados gráficos comparativos com os dados das carroças de mono eixo e duplo eixo em relação ao pavimento e às diferentes libras.

Gráfico 1 – Comparação do pavimento areia para ambos os eixos



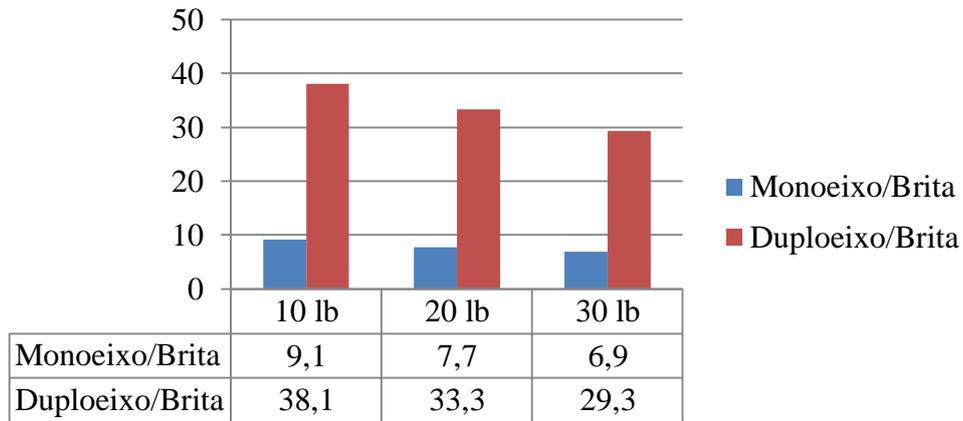
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 2 – Comparação do pavimento RPN para ambos os eixos



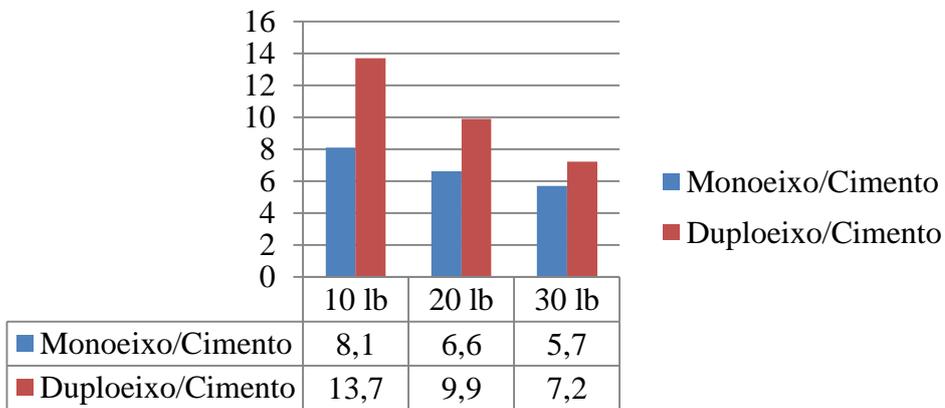
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 3 – Comparação do pavimento brita para ambos os eixos



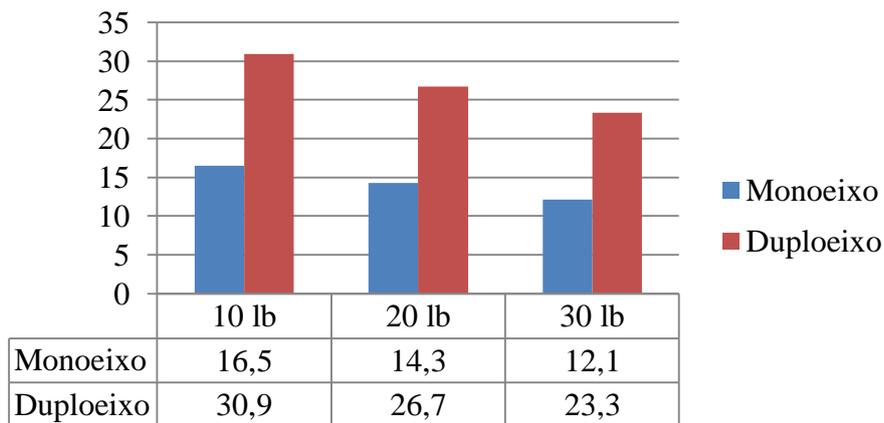
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 3 – Comparação do pavimento cimento para ambos os eixos



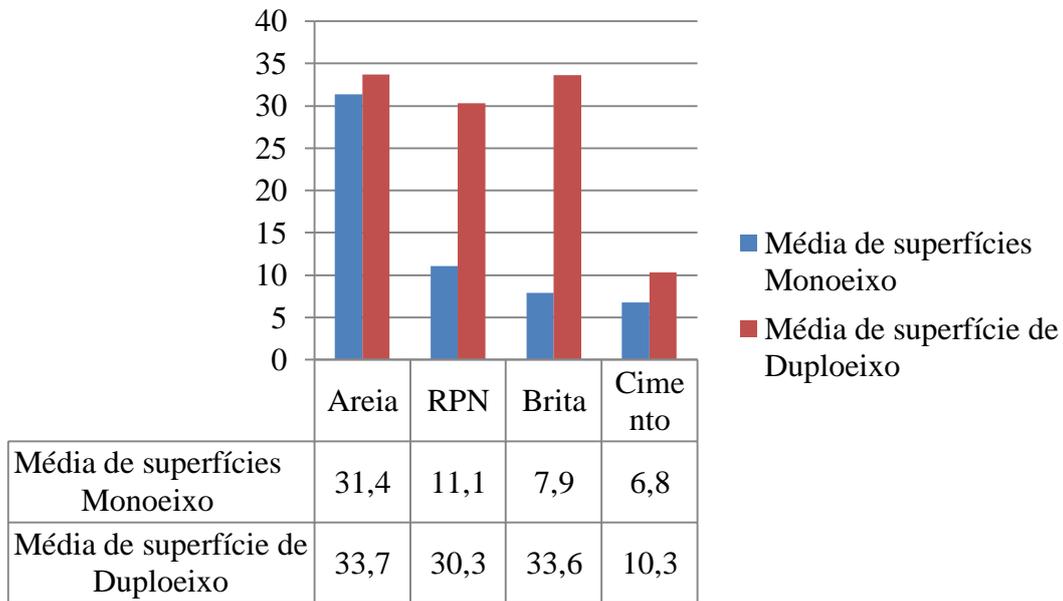
Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 4 – Comparação da média das diferentes libras para ambos os eixos



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 5 – Comparação das médias de superfície para todos os pavimentos em relação a ambos os eixos



Fonte: Dados da pesquisa

4 CONCLUSÃO

A carroça de duplo eixo, por obter mais contato com o solo, apresenta maior atrito com o solo, porém alivia o peso sobre o animal, exigindo um esforço maior do animal para que ela saia inércia. Na carroça de mono eixo, há contato direto com o lombo do animal do peso da carga e carroça, tem um peso menor e apresenta menos contato com o pavimento em questão, resultando assim num menor esforço do animal para retirar a carroça da inércia. Assim, são possíveis algumas indicações de uso: a carroça de mono eixo é indicada por exigir menos esforço do animal; porém, em se tratando de cargas com peso elevado e quando há o contato com o pavimento cimento, é indicado o uso da carroça de duplo eixo.

REFERÊNCIAS

ASTIZ, C. S. **Valoración morfológica de los animales domésticos**. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino-Espanã. 2009.

BERETTA, C. C. **Tração animal na agricultura**. São Paulo: Ed. Nobel, 1988.

ESCODRO, P. B. *et al.* Projeto Carroceiro em Alagoas: empreendedorismo e inovação no ensino de Medicina Veterinária e potencial multidisciplinar: resultados preliminares. **Revista Brasileira de Medicina Equina**, v. 30, p. 26-32, 2010.

SILVA FILHO J. M. *et al.* 2004. Manejo alimentar dos animais de tração regional Pampulha – Belo Horizonte. **Anais 7º Encontro de Extensão da Universidade Federal de Minas Gerais**, 12-15 set., Belo Horizonte (MG). Capturado em 20 de maio 2010.

HOVELL G. J. R. **Welfare considerations when attaching animals to vehicles**. Applied Animal Behaviour Science. 1998.

JORDÃO, L. R.; FALEIROS, R. R.; AQUINO NETO, H. M. Animais de trabalho e aspectos éticos envolvidos: revisão crítica. **Acta Veterinária Brasil**, v. 5, n.1, p.33-40, 2011.

LUND V.; COLEMAN G.; GUNNARSSON S.; APPLEBYB, M. C; KARKINENE K. **Animal welfare science- working at the interface between the natural and social sciences**. Applied Animal Behaviour Science, 2006.

MARANHÃO R. P. A.; PALHARES M. S.; MELO U. P.; REZENDE H. H. C.; BRAGA C. R.; SILVA FILHO, J. M.; VASCONCELOS, M. N. F. **Afecções mais frequentes do aparelho locomotor dos equídeos de tração no município de Belo Horizonte**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2006

PAZ, Cahuê Francisco Rosa *et al.* Padrão biométrico dos cavalos de tração da cidade de Pelotas no Rio Grande do Sul. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.14, n.2, p. 159-163, abr./jun. 2013.

RAMASWAMY N. S. **Draught animal welfare**. Applied Animal Behaviour Science. 1998.

Silva, L. V.; Ventura, V. N. Correção ambiental e reciclagem com carroceiros. *In*: FARAH, M. F. S.; BARBOZA, H. B. (orgs.). **Vinte experiências de gestão pública e cidadania**. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 2001.

SOUZA, M. F. A Implicação para o bem-estar de equinos usados para a tração de veículos. **Revista Brasileira de Direito Animal**, v.1, n.1, p.1-6, 2006.

WAIBLINGER S.; BOIVIN X., PEDERSEN V., MARIA-VITTORIA T., JANZAKE A.M, VISSEF E.K. & JONES R.B. **Assessing the human-animal relationship in farmed species: a critical review**. Applied Animal Behaviour Science 101: 158-242, 2006.

WORLD SOCIETY FOR THE PROTECTION OS ANIMALS – WSPA 2006. **Conceitos em bem-estar animal**. Curso de docência em Bem-Estar-Animal, Belo Horizonte, MG. CD-ROM.11-13 maio 2010.

Análise estrutural dinâmica de eixos rotativos sujeitos a entalhes

Dynamic structural analysis of rotary axles subject to notches

João Paulo Piau Oliveira

Graduando do curso de Engenharia Mecânica (UNIPAM).

E-mail: joaopiau@unipam.edu.br

João Rodrigo Andrade

Professor orientador.

E-mail: joaorandrade@unipam.edu.br

Resumo: O objetivo deste estudo foi realizar uma análise estrutural e de fadiga das consequências de um entalhe na estrutura de eixos em rotação, prevendo ainda em fase de projeto a quantidade de ciclos que o eixo suporta até se romper. Essa análise agrega grande importância na aplicação de máquinas rotativas, uma vez que estas são submetidas a uma grande quantidade de ciclos de rotação. A presença de trincas e entalhes em estruturas rotativas podem ocasionar consequências negativas, econômicas e de segurança para quem opera. O estudo foi realizado utilizando-se o Método dos Elementos Finitos, empregando-se elementos de volume.

Palavras-chave: Eixo. Entalhe. Fadiga. MEF.

Abstract: The objective of this study was to perform a structural and fatigue analysis of the consequences of a notch in the structure of rotating axes, also predicting, in the design phase, the number of cycles the axle supports until it breaks. This analysis adds great importance in the application of rotating machines, since these are submitted to a great amount of rotation cycles. The presence of cracks and notches in rotating structures may have negative consequences both economically and on safety for those who operate them. The study was carried out using the Finite Element Method, using volume elements.

Keywords: Axis. Notch. Fatigue. FEM.

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de fratura é um problema que o homem enfrenta desde que começou a utilizar artefatos para trabalhar. Atualmente, esse problema é agravado pelo alto desempenho que se procura dar às estruturas e aos componentes mecânicos modernos e pelas trágicas consequências que as suas falhas podem trazer. Felizmente, avanços no campo da análise dos mecanismos das fraturas têm ajudado a diminuir alguns riscos potenciais existentes devido ao aumento da complexidade tecnológica. O entendimento do mecanismo de falha dos materiais e o conhecimento tecnológico para prevenir tais falhas aumentaram consideravelmente desde a 2ª Guerra Mundial.

Apesar de ainda ter-se muito que aprender, muitos dos conhecimentos já consolidados sobre os mecanismos de fratura ainda não são utilizados apropriadamente.

Um estudo econômico estimou o custo da ocorrência de fratura nos Estados Unidos em 1978 em cerca de 119 bilhões de dólares anuais, representando aproximadamente 4% do PIB americano. Além do mais, esse estudo estimou que o custo anual poderia ser reduzido em 35 bilhões se a tecnologia atual fosse aplicada e que mais pesquisas dos mecanismos das fraturas poderiam reduzir esse quadro em mais 28 bilhões (ANDERSON, 2005, p.3). As fadigas são responsáveis por, pelos menos, metade das falhas mecânicas.

O objetivo deste artigo é uma análise estrutural e de fadiga de eixos com entalhes sujeitos à rotação, com uma metodologia que permite, ainda na fase de projeto, a previsão da quantidade de ciclos que o eixo suporta até se romper. O Método dos Elementos Finitos é utilizado empregando-se elementos de volume.

Os objetivos específicos deste artigo são:

- conhecer e estudar e diferentes tipos de eixos rotativos;
- escolher o material utilizado nos eixos;
- fazer uma modelagem computacional em software SolidWorks;
- efetuar uma análise estática de tensão, deslocamento e deformação em eixos sujeitos a rotação;
- efetuar uma análise de fadiga em eixos sujeitos à rotação;
- efetuar uma análise da quantidade de ciclos que cada eixo suporta sem romper.

A indústria brasileira e mundial conta com a grande maioria de sua produção dependente de máquinas rotativas que utilizam eixos em rotação como o principal mecanismo de troca de movimento. Além disso, diversos outros setores da economia são dependentes desse tipo de equipamento, como veículos automotores, dentre outros. A presença de trincas e entalhes nessas estruturas rotativas podem ocasionar consequências negativas tanto no âmbito econômico quanto em questões de segurança para os funcionários que lidam com esses equipamentos. O presente trabalho visa a uma análise estrutural e de fadiga para o estudo das consequências de um entalhe na estrutura do eixo em rotação. Essa análise agrega grande importância na aplicação de máquinas rotativas, uma vez que estas são submetidas a uma grande quantidade de ciclos de rotação.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é uma análise matemática que consiste na discretização de um meio contínuo em pequenos elementos, mantendo as mesmas propriedades do meio original. Esses elementos são descritos por equações diferenciais e resolvidos por modelos matemáticos, para que sejam obtidos os resultados desejados. (LOTTI, 2006). O MEF pode ser utilizado em diversas áreas das ciências exatas e, devido à sua grande aplicabilidade e eficiência, existem trabalhos com essa metodologia nas diversas áreas da engenharia, como na questão de estruturas dinâmicas, quando se deseja analisar cargas, tensões ou deslocamentos. O MEF vem

revolucionando diversas formas de pesquisa, sendo hoje uma metodologia bastante eficiente, fiel e segura.

2.2 ENTALHE

Entalhes são descontinuidades geométricas, como furos, filetes, sulcos, rasgos de chaveta, ombros e roscas, inevitavelmente encontradas na maioria dos componentes estruturais. Apesar de serem necessários para a sua funcionalidade, os detalhes afetam severamente a distribuição de tensão local, aumentando as tensões nominais em torno de suas raízes. Esse efeito é quantificado pelo fator de concentração de tensão (FCT) $K_t = \sigma/\sigma_n$, onde σ é a tensão máxima na sua raiz, e σ_n é a tensão nominal que atuaria ali caso o entalhe não tivesse efeito sobre a distribuição de tensão. Altos valores de K_t podem ter um efeito muito prejudicial em mecanismos de falhas, como na iniciação de trincas por fadiga e fratura frágil.

Figura 1 – Furo em uma placa concentra linhas de fluxo imaginárias



Fonte: Simões (2012)

2.3 FADIGA

Fadiga é uma degradação das propriedades mecânicas de um material, quando é sujeito a carregamentos cíclicos, ocasionando uma falha mecânica. Ela ocorre em componentes ou materiais sujeitos a condições dinâmicas de carregamento que resultam na nucleação e propagação de trincas, que culminam em uma fratura completa após um determinado ciclo de carregamento.

Esse fenômeno foi observado pela primeira vez por volta de 1800, quando os eixos de um vagão ferroviário começaram a falhar após um pequeno período em serviço. Apesar de serem feitos de aço dúctil, eles exibiam características de fraturas frágeis e repentinas. Rankine publicou um artigo em 1843, *As causas da ruptura inesperada de munhões de eixos ferroviários*, no qual dizia que o material havia “cristalizado” e se tornado frágil devido às tensões flutuantes. Os eixos haviam sido projetados com toda a perícia e engenharia disponíveis na época, as quais se baseavam em experiências decorrentes de estudos com estruturas carregadas estaticamente. Cargas dinâmicas eram, portanto, um fenômeno novo, resultante da introdução das máquinas movidas a vapor. Esses eixos estavam fixos às rodas e giravam em conjunto com elas. Desse modo, a tensão de flexão em qualquer ponto da superfície do eixo variava ciclicamente entre valores positivos e negativos. Esse carregamento é

denominado alternado. Um engenheiro alemão, August Wohler, realizou a primeira investigação científica (durante um período de 12 anos) sobre o que estava sendo chamado de falha por fadiga, testando, em laboratório, eixos até a falha sob carregamento alternado. Suas descobertas, publicadas em 1870, identificavam o número de ciclos de tensão variante no tempo como os causadores do colapso e a descoberta da existência de uma tensão limite de resistência à fadiga para aços, isto é, um nível de tensão que toleraria milhões de ciclos de uma tensão alternada.

O termo “fadiga” foi aplicado à situação recém-descrita pela primeira vez por Poncelet em 1839. O mecanismo de falha ainda não compreendido e a aparência de uma fratura frágil na superfície de um material dúctil geraram especulações de que o material, de alguma maneira, apresentou “cansaço” e fragilizou-se devido às oscilações da carga aplicada. Wohler, mais tarde, mostrou que cada metade dos eixos quebrados ainda continuava tão resistente e dúctil, em ensaios de tração, quanto o material original. De qualquer maneira, o termo falha por fadiga permaneceu e ainda é usado para descrever qualquer falha devido a cargas variantes no tempo. (NORTON, 2004).

As falhas por fadiga sempre tem início com uma pequena trinca, que pode estar presente no material desde a sua manufatura ou desenvolver-se ao longo do tempo devido às deformações cíclicas ao redor das concentrações de tensões.

2.4 SOLIDWORKS

O SolidWorks é uma ferramenta destinada aos engenheiros, aos projetistas e a outros profissionais da área. O programa tem capacidade de oferecer experiência em 3D para criação de qualquer projeto.

Além do CAD mecânico do SolidWorks, o software oferece uma variedade de produtos de simulação que prevê detalhadamente os projetos antes de enviá-los para produção. O prospecto oferece recursos bastante intuitivos. Apenas com um esboço simples ou complexo é possível criar um sólido. Em vista disso, o usuário tem acesso a diversas ferramentas e recursos. Com o SolidWorks é viável visualizar a constituição do objeto e ainda é possível que ele seja visto na forma interna e externa. Ou seja, permite a correção de falhas.

Alguns dos principais parâmetros disponíveis são design, durabilidade, resposta dinâmica e estática, movimentos, transferência de calor, dinâmica do fluxo de fluido e moldagem e muitos outros.

2.5 AÇO 1045

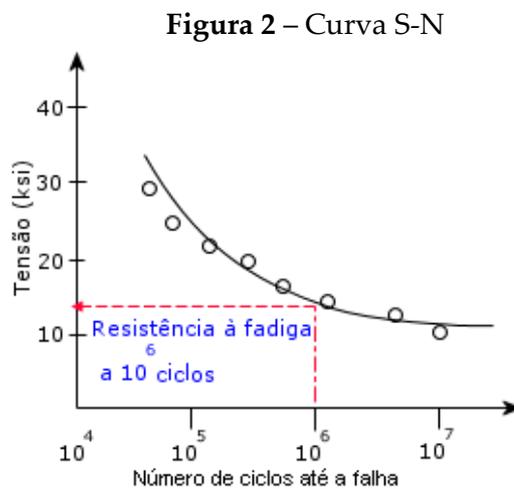
O aço AISI 1045 é um aço para beneficiamento com temperabilidade baixa, ou seja, baixa penetração de dureza na seção transversal, não se recomendando seu uso para seções superiores a 60 mm. Possui uma boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura. É utilizado em geral com durezas de 180 a 300 HB. Para grandes seções, utiliza-se o tratamento térmico de normalização.

Esse aço é utilizado na fabricação de componentes de uso geral onde seja necessária uma resistência mecânica superior à dos aços de baixo carbono

convencionais. É aplicado principalmente em eixos em geral, pinos, cilindros, ferrolho, parafusos, grampos, braçadeiras, pinças, cilindros, pregos, colunas, entre outros.

2.6 CURVA DE TENSÃO S-N

A resistência à fadiga é determinada pela aplicação de diferentes níveis de tensão cíclica para espécimes de teste individuais e pela medição do número de ciclos até a falha. A representação gráfica dos pontos de dados de fadiga é a amplitude da tensão cíclica ou a tensão alternada (S - eixo vertical) em relação ao número de ciclos até a falha (N - eixo horizontal). A resistência à fadiga é definida como a tensão na qual a falha por fadiga ocorre em um determinado número de ciclos. Uma curva S-N típica é mostrada abaixo:



Fonte: Systèmes (2018)

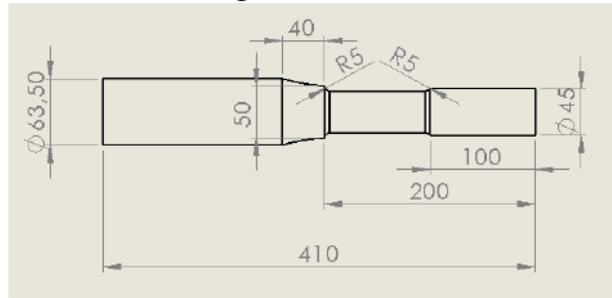
Espécimes são testadas em uma série de níveis de tensão decrescentes até que não ocorram falhas dentro de cada número máximo de ciclos selecionado.

3 METODOLOGIA

Após estudo sobre eixos rotativos, foram escolhidas as geometrias que serão utilizadas para testes. A primeira geometria (Eixo 1) foi baseada em um eixo de prova utilizado na década de 1980 pela *Society Automotive Engineers* (SAE), em um programa de ensaios envolvendo laboratórios de várias universidades e indústrias, cujo objetivo era estimar a durabilidade de componentes entalhados submetidos a carregamentos cíclicos. As dimensões utilizadas são tipicamente empregadas em componentes mecânicos da indústria. A segunda geometria (Eixo 2) foi criada com base em um eixo com um rebaixo central, representando um entalhe com grande concentração de tensão. Já a terceira geometria (Eixo 3) remete a um eixo com um rasgo de chaveta, entalhe bastante comum em eixos.

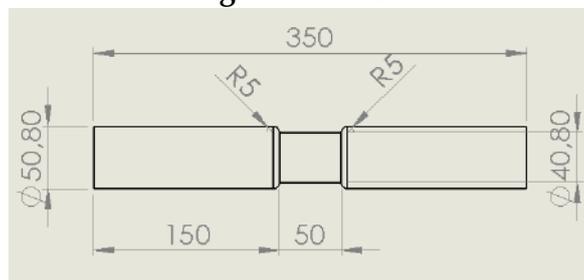
As Figuras 3, 4 e 5 representam os corpos de provas utilizados, com suas respectivas dimensões.

Figura 3 – Eixo 1



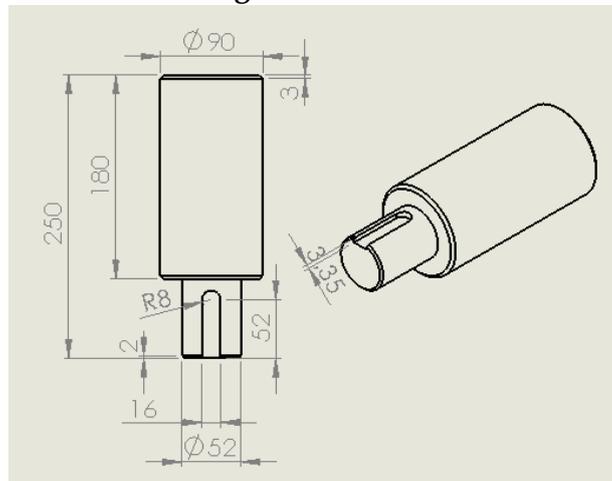
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 4 – Eixo 2



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 5 – Eixo 3



Fonte: Autoria própria (2019)

A modelagem computacional e as simulações foram feitas no software SolidWorks, sendo realizadas análises estáticas e de fadiga. O material escolhido para teste foi o Aço carbono 1045 Trefilado, por ser bastante empregado na confecção de eixos da indústria, caracterizado por sua boa resistência mecânica e baixo custo.

A análise estática de ambas geometrias foram padronizadas, sendo todos os eixos fixados em uma das extremidades, recebendo uma carga de Torque de 1000 N.m de intensidade na face oposta em que o eixo foi fixado. Além disso, foi aplicada uma malha sólida mesclada com base na curvatura de cada geometria. Como resultado do

estudo estático, obteve-se Tensão, Deslocamento e Deformação do material após o ensaio.

Feito isso, o estudo de fadiga foi realizado utilizando-se amplitude constante e um carregamento de 1000000 ciclos para cada eixo, obtendo-se então a Vida total (ciclos) e o Fator de carga. Assim, é possível encontrar a curva S-N, que representa o número de ciclos até a falha por fadiga.

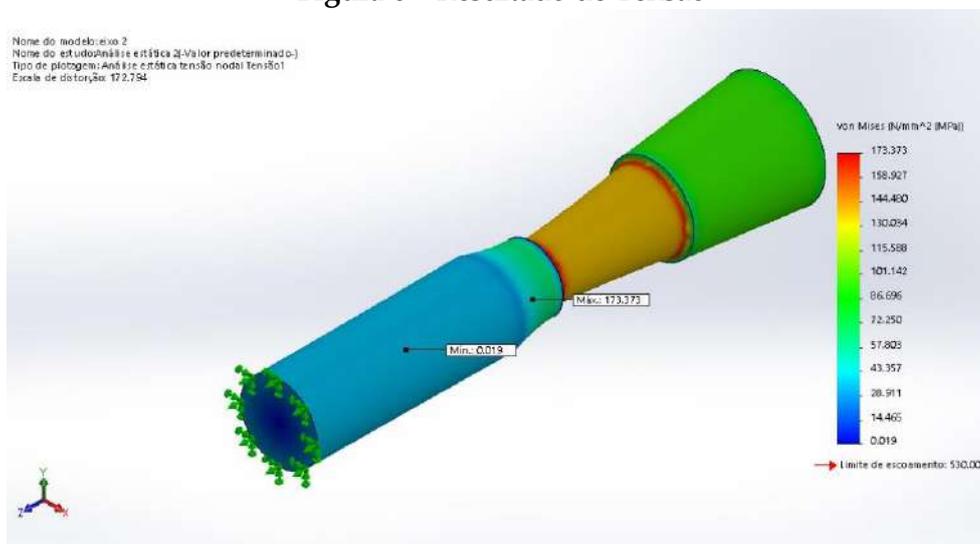
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As geometrias de teste foram divididas em Eixo 1, Eixo 2 e Eixo 3, e assim foram submetidas à análise estática e de fadiga.

4.1 EIXO 1

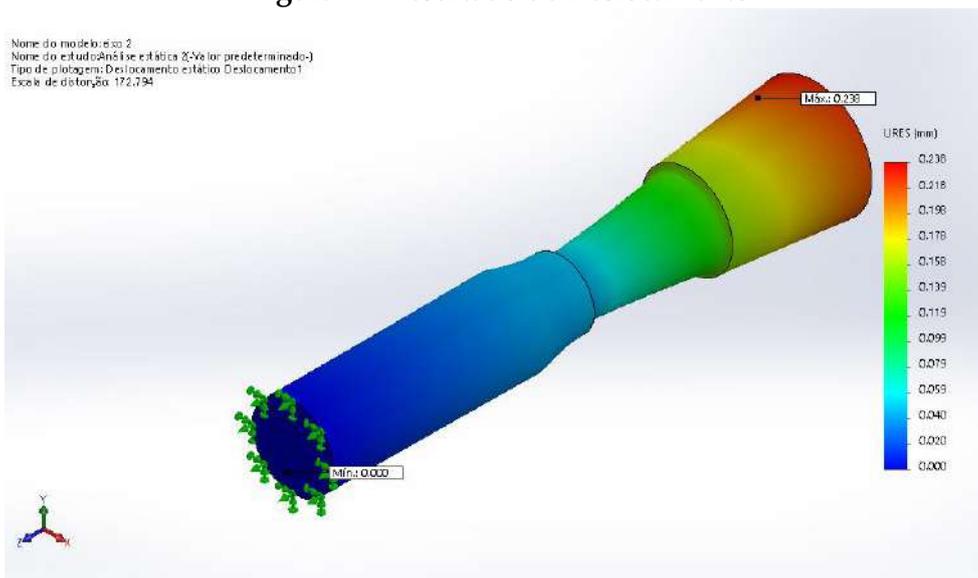
A geometria do Eixo 1 foi baseada em um eixo de prova utilizado na década de 1980 pela SAE (*Society Automotive Engineers*), em um programa de ensaios envolvendo laboratórios de várias universidades e indústrias, cujo objetivo era estimar a durabilidade de componentes entalhados submetidos A carregamentos cíclicos. Os resultados estruturais encontrados no software foram de tensão, deslocamento e deformação, mostrados nas Figuras 6, 7 e 8 abaixo.

Figura 6 – Resultado de Tensão



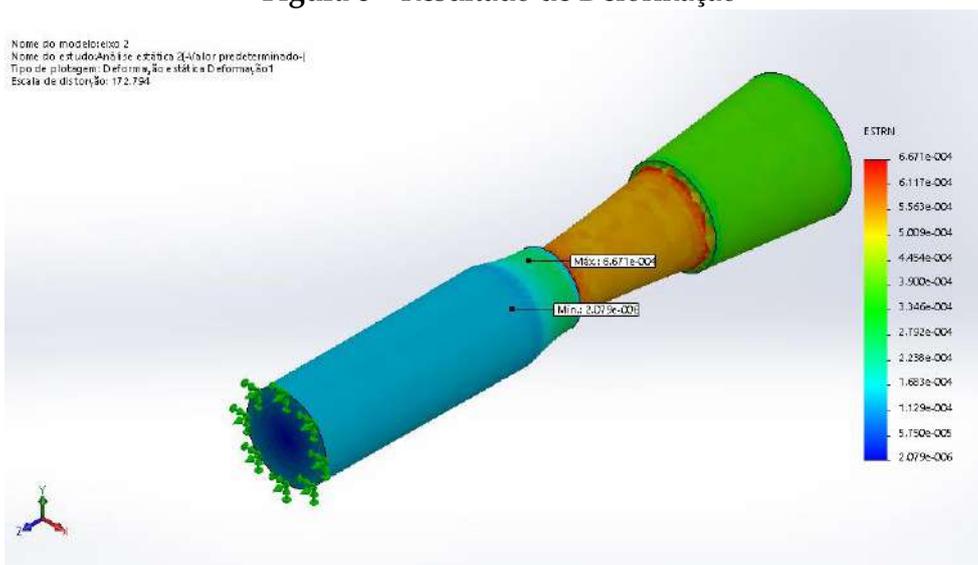
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 7 – Resultado de Deslocamento



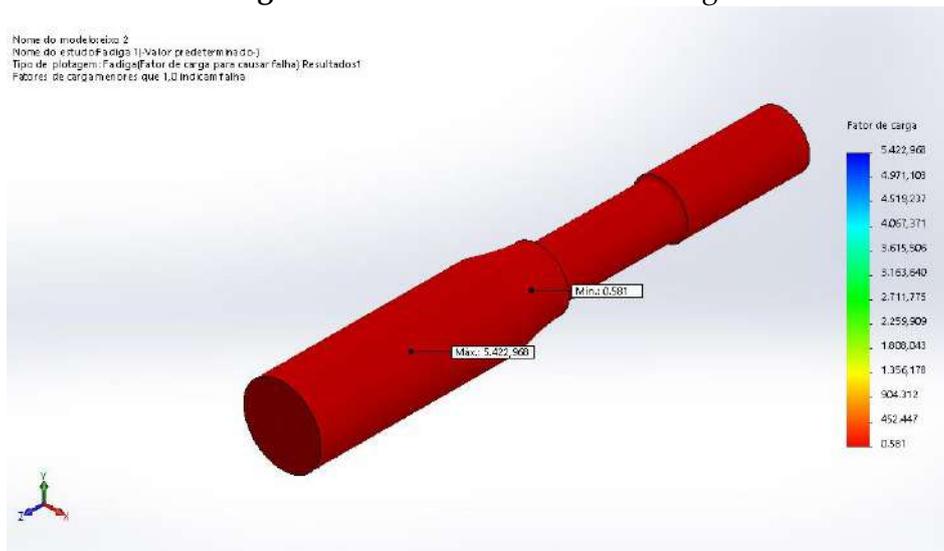
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 8 – Resultado de Deformação

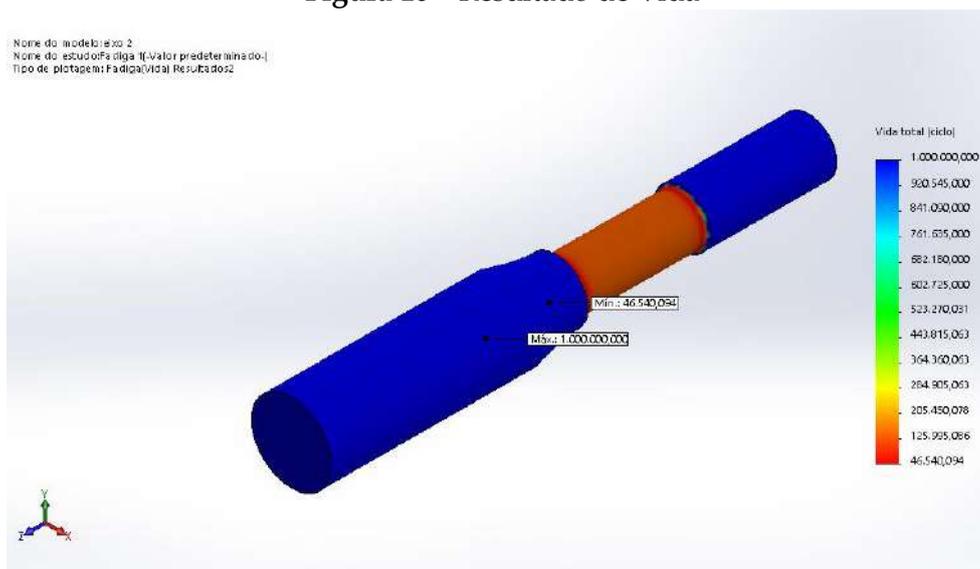


Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados obtidos mostram que o torque de 1000 N.m exercido sobre o eixo geraram uma tensão de 173 MPa, com concentração de tensão justamente no entalhe. Porém, a tensão gerada é inferior ao limite de escoamento do material, que é de 530 MPa. O deslocamento resultante máximo foi de 0.238mm, localizado próximo à face em que o torque foi realizado. Já a deformação equivalente máxima se encontra no filete do entalhe, região crítica da geometria. Os resultados de fadiga encontrados foram o Fator de carga e Vida, demonstrados a seguir.

Figura 9 – Resultado de Fator de carga

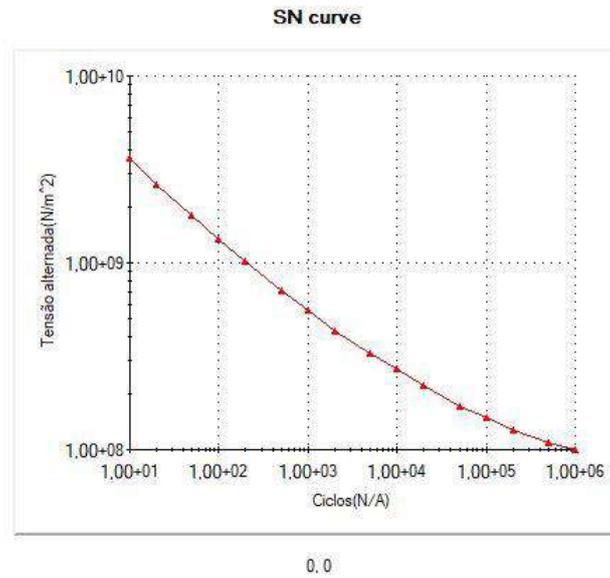
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 10 – Resultado de Vida

Fonte: Autoria própria (2019)

O fator de carga mínimo obtido com o experimento foi de 0.581, o que mostra que o eixo falhará, pois fatores de carga menores que 1,0 indicam falha. Já o resultado de Vida demonstra o valor mínimo de 46540 ciclos sem falhar, justamente na região do entalhe, o que mostra que entalhes em eixos diminuem sua vida útil. A curva S-N obtida com o experimento está representada na Figura 11.

Figura 11 – Curva S-N

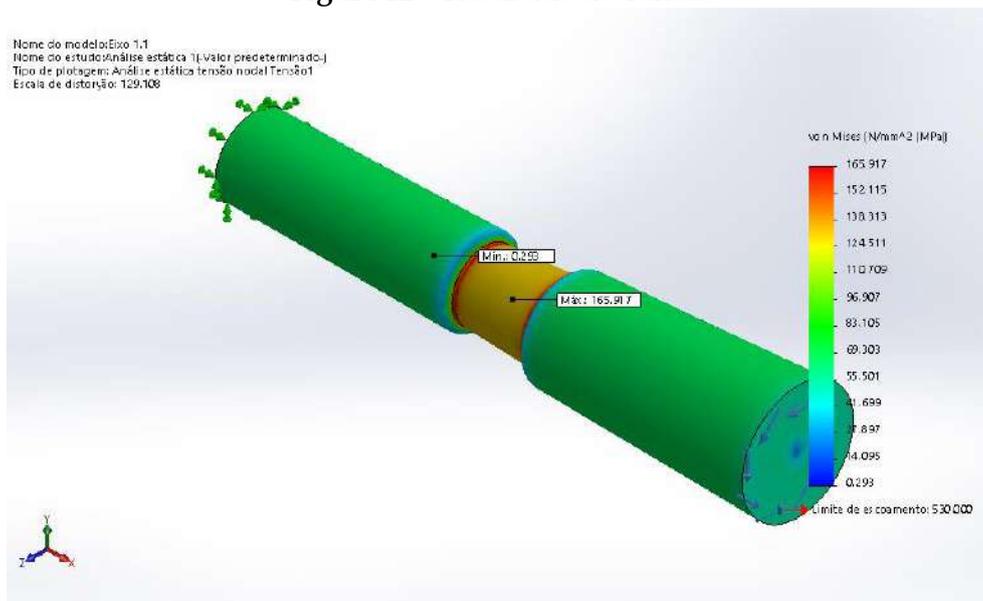


Fonte: Autoria própria (2019)

4.2 EIXO 2

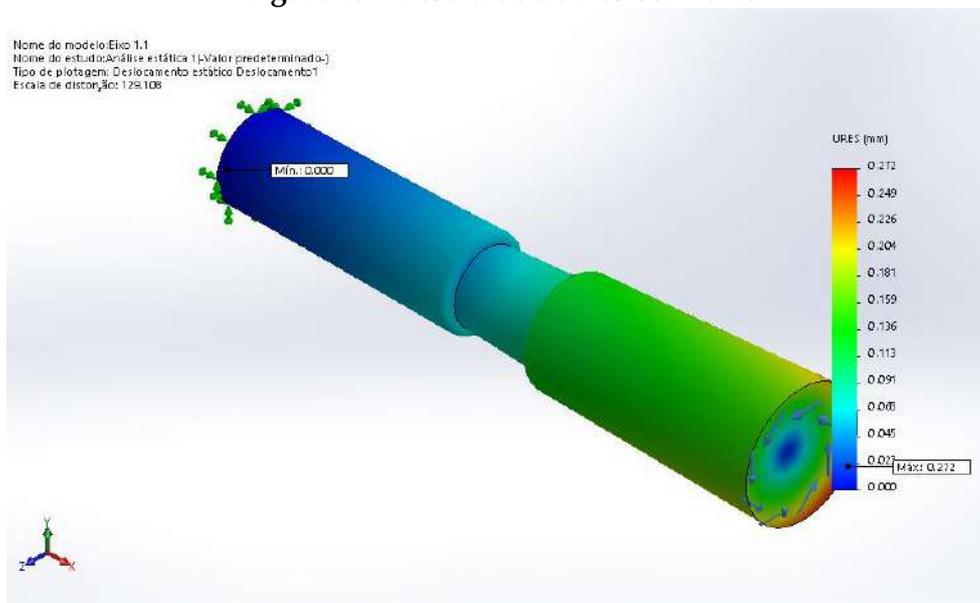
O Eixo 2 foi criado com base em um eixo com um rebaixo central, representando um entalhe com grande concentração de tensão. Os resultados estruturais encontrados no software foram de tensão, deslocamento e deformação, mostrados nas Figuras 12, 13 e 14.

Figura 12 – Resultado de Tensão



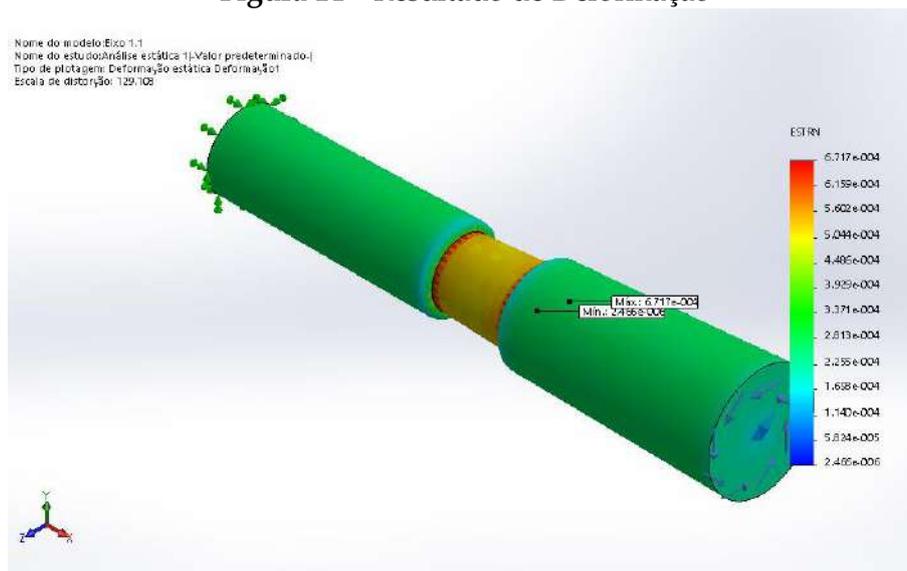
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 13 – Resultado de Deslocamento



Fonte: Autoria própria (2019)

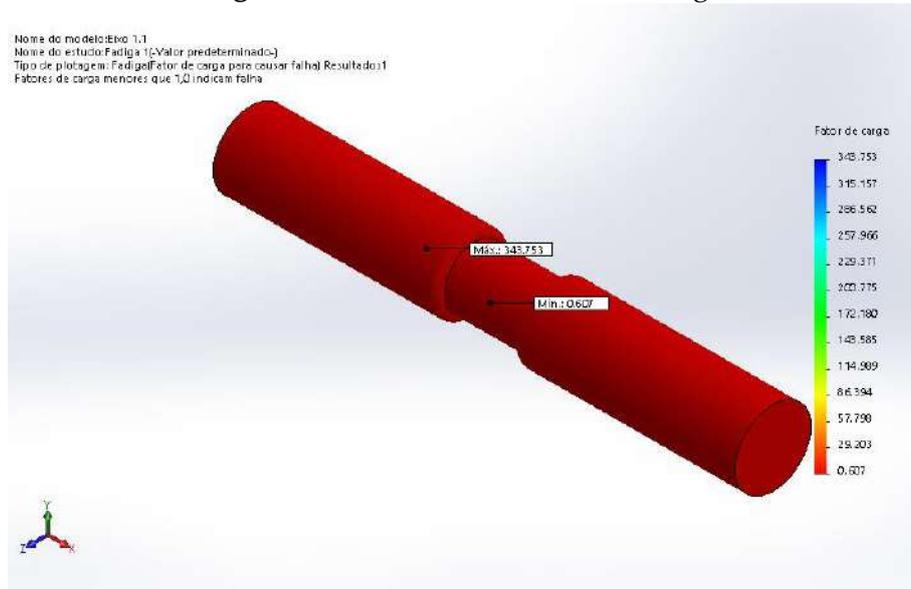
Figura 14 – Resultado de Deformação



Fonte: Autoria própria (2019)

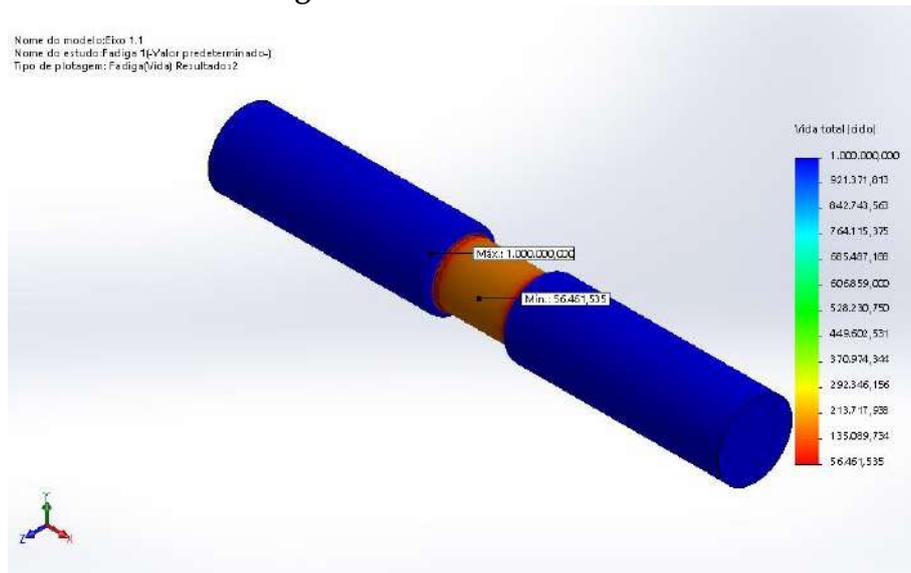
Os resultados encontrados demonstram que o torque de 1000 N.m exercido sobre o eixo geraram uma tensão de 165 MPa, com concentração de tensão justamente no rebaixo do eixo (entalhe). Porém, a tensão gerada é inferior ao limite de escoamento do material, que é de 530 MPa. O deslocamento resultante máximo foi de 0.272mm, localizado na face em que o torque foi realizado. A deformação equivalente máxima se localiza na extremidade do entalhe, região crítica da geometria. Os resultados de fadiga encontrados foram o Fator de carga e Vida, demonstrados a seguir.

Figura 15 – Resultado de Fator de carga



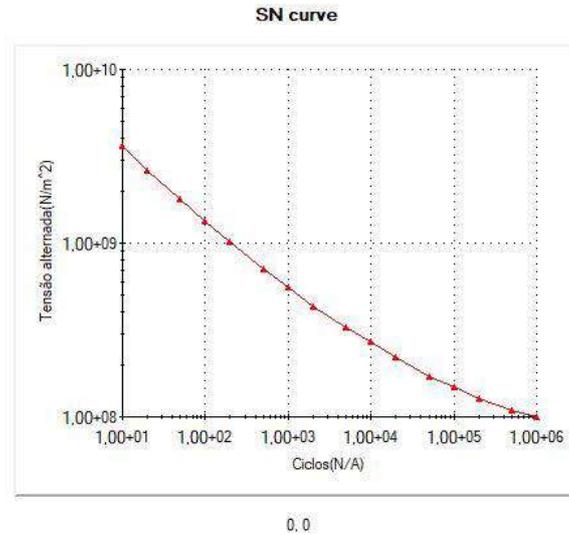
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 16 – Resultado de Vida



Fonte: Autoria própria (2019)

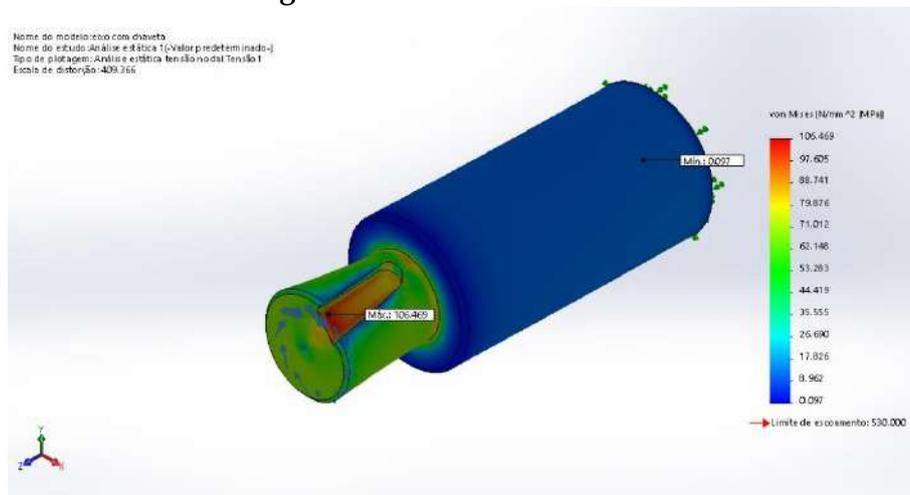
O fator de carga mínimo obtido com o experimento foi de 0.607, o que mostra que o eixo falhará, pois fatores de carga menores que 1,0 indicam falha. Toda a superfície externa do eixo apresenta fator de carga com indicação de falha. Já o resultado de Vida demonstra o valor mínimo de 56461 ciclos sem falhar, localizado na região do entalhe, o que mostra que entalhes em eixos diminuem sua vida útil e são concentradores de tensão. A curva S-N obtida com o experimento está representada na Figura 17 abaixo:

Figura 17 – Curva S-N

Fonte: Autoria própria (2019)

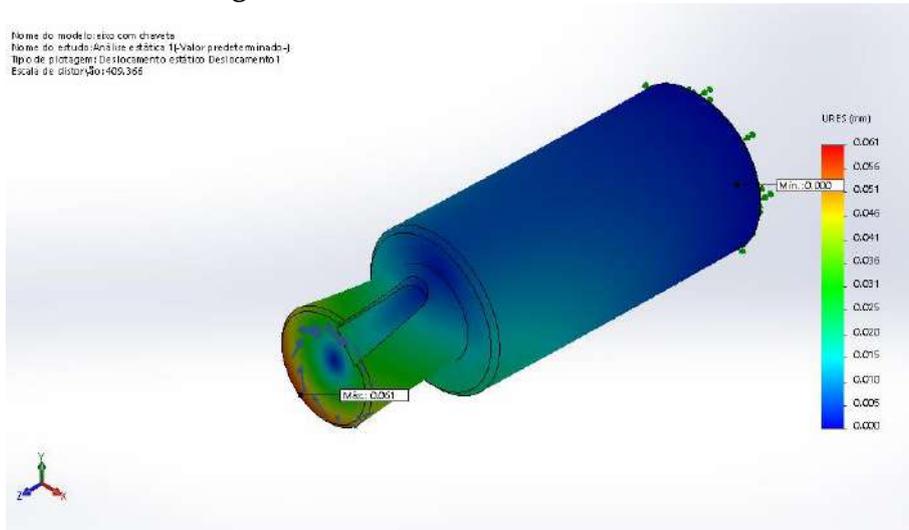
4.3 EIXO 3

A terceira geometria (Eixo 3) remete a um eixo com um rasgo de chave, entalhe bastante comum em eixos, que é utilizado para fixar dois elementos para realizarem uma rotação síncrona, como eixos e polias, eixos e engrenagens, entre outros. Os resultados estruturais encontrados no software foram de tensão, deslocamento e deformação, mostrados nas Figuras 18, 19 e 20.

Figura 18 – Resultado de Tensão

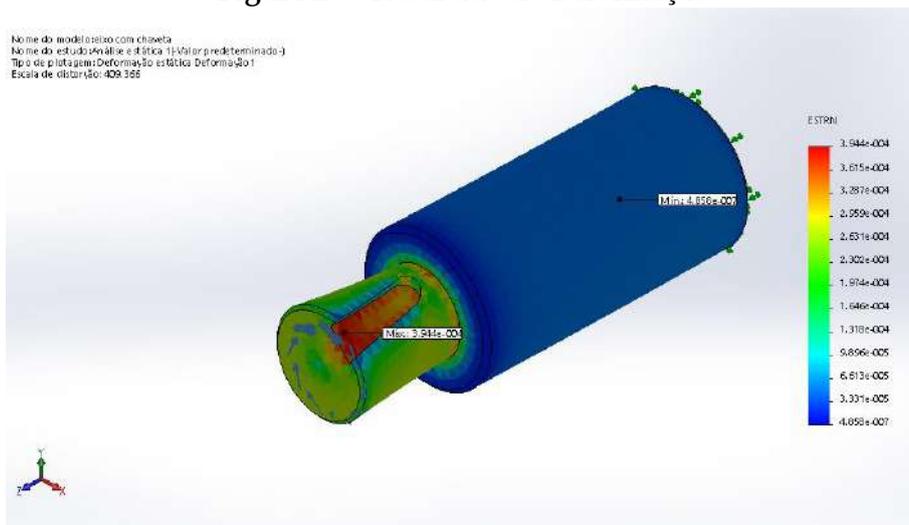
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 19 – Resultado de Deslocamento



Fonte: Autoria própria (2019)

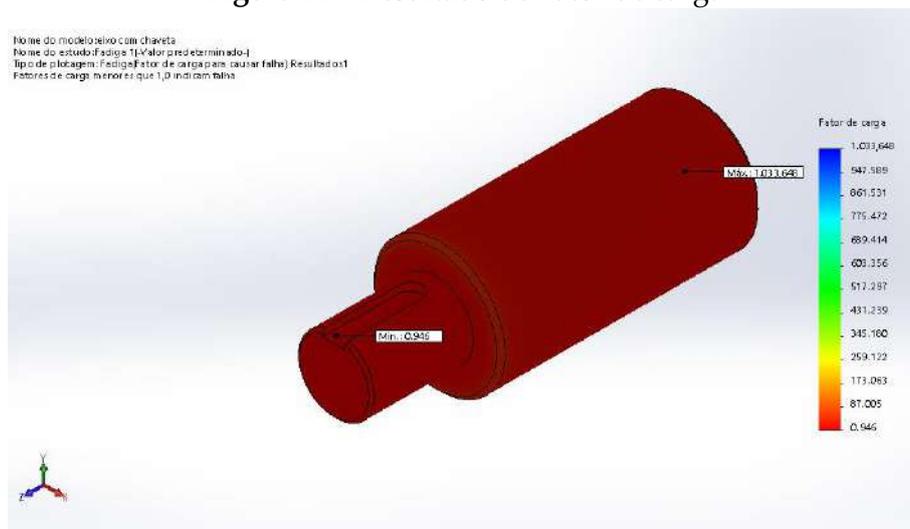
Figura 20 – Resultado de Deformação



Fonte: Autoria própria (2019)

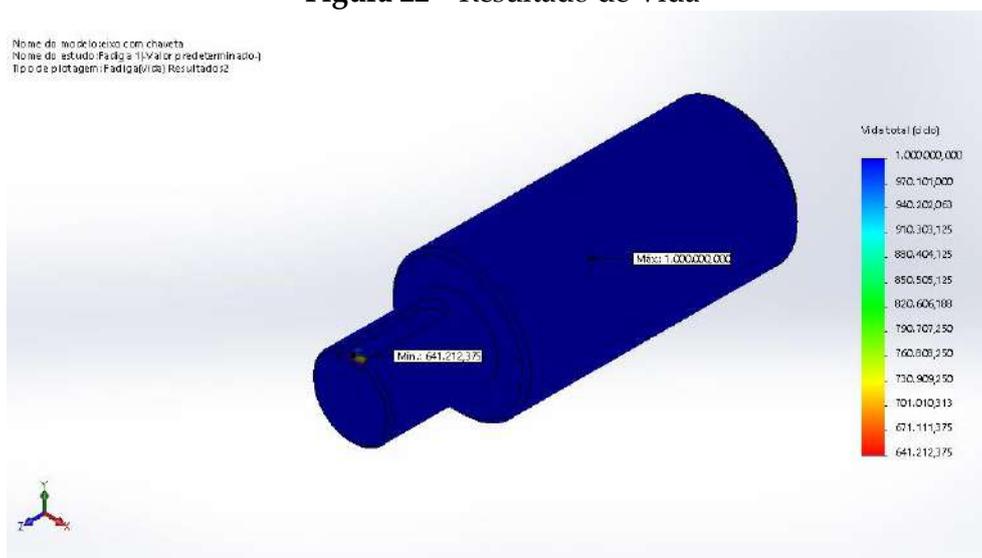
Os resultados encontrados demonstram que o torque de 1000 N.m exercido sobre o eixo geraram uma tensão de 106 MPa, com concentração de tensão no rasgo de chaveta do eixo. Porém, a tensão gerada é inferior ao limite de escoamento do material, que é de 530 MPa. O deslocamento resultante máximo foi de 0.061mm, localizado na face em que o torque foi realizado. A deformação equivalente máxima se encontra no rasgo de chaveta (entalhe), região crítica do eixo estudado. Os resultados de fadiga encontrados foram o Fator de carga e Vida, demonstrados a seguir.

Figura 21 – Resultado de Fator de carga



Fonte: Autoria própria (2019)

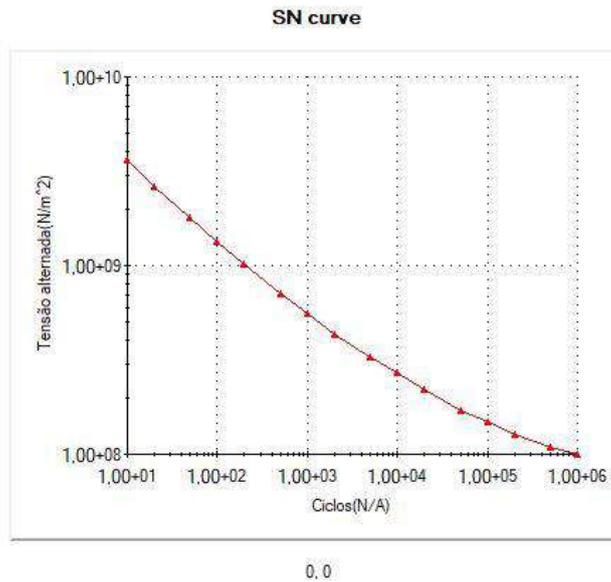
Figura 22 – Resultado de Vida



Fonte: Autoria própria (2019)

O fator de carga mínimo obtido com o experimento foi de 0.946, o que mostra que o eixo falhará, pois fatores de carga menores que 1,0 indicam falha. Já o resultado de Vida demonstra o valor mínimo de 641212 ciclos sem falhar, localizado na região do entalhe, o que mostra que entalhes em eixos diminuem sua vida útil. A curva S-N obtida com o experimento está representada na Figura 23.

Figura 23 – Curva S-N



Fonte: Autoria própria (2019)

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, o presente estudo possibilitou uma análise estrutural e de fadiga de eixos rotativos com a presença de entalhes. Uma análise estática considerando tensão, deformação, além de análise de fadiga, foi efetuada. O estudo de fadiga é essencial, pois a grande maioria das falhas de componentes de máquinas, em serviço, se deve à fadiga. A ruptura por fadiga ocorre sem nenhum “aviso-prévio”, ou seja, num dado momento a máquina está funcionando perfeitamente e, num instante seguinte, ocorre falha inesperada. Isso ocasiona grandes transtornos e prejuízos financeiros, além de colocar em risco a integridade dos operadores dos equipamentos.

Com base nos resultados das simulações numéricas, têm-se ferramentas e métodos necessários para se modificarem os eixos estudados, minimizando assim pontos críticos das geometrias, como é o caso de regiões concentradoras de tensão presentes nos eixos. Conhecer os pontos críticos de uma estrutura é de suma importância em um projeto, sobretudo devido à possibilidade de melhorias em sua estrutura.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. L. **Fracture mechanics: fundamentals and applications**, EUA, CRC Press, 2005.

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. **Elementos de máquinas de Shigley**. Porto Alegre: Amgh, 2016. Disponível em:

<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580555554/>>.

FERREIRA, Bruno Fagundes. **Detecção de trincas em eixos rotativos através de medição de vibrações**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

LOTTI, R. S. Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá, v. 11, n. 2, p. 35-43, abril 2006.

MELLO, Luiz Henrique Bresser Cardoso de. **Predição de vida à fadiga de eixo entalhado sob flexão-torção baseada na abordagem deformação-vida**. Brasília, outubro de 2013.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas**: uma abordagem integrada. Tradução de João Batista de Aguiar. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SIMÕES, Daniel de Albuquerque. **Entalhes melhorados e otimizados**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21361/21361_3.PDF>. Acesso em: 02 fev. 2019.

SYSTEMES, Dassault. **Curva de tensão (S-N) - ciclo de vida**. 2018. Disponível em: <http://help.solidworks.com/2018/portuguese-brazilian/SolidWorks/Cworks/c_SN_Curve.htm>. Acesso em: 10 fev. 2019.

Aplicativo de monitoria online – Saiyajin

Online monitoring application – Saiyajin

Lorena Cássia Gontijo dos Reis

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM)

E-mail: lorenacassia@unipam.edu.br

Eduardo Pains de Moraes

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: eduardopm@unipam.edu.br

Jessé Moreira de Oliveira

Professor coorientador (UNIPAM)

E-mail: jesse@unipam.edu.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de um aplicativo mobile para o auxílio de monitorias online das disciplinas da grade curricular do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foi desenvolvido um protótipo, com o intuito de um estudo mais aprofundado, bem como um bom planejamento para que o aplicativo seja produzido. O novo método de aprendizagem online é de fácil acesso e irá contribuir positivamente para a disseminação do ensino entre alunos, monitores e professores, favorecendo a relação entre eles. Após a geração da aplicação final, deve-se adaptar o aplicativo para cada plataforma mobile, sendo elas IOS, *Windows* e *Android*, sendo necessário realizar mudança no *canvas* desenvolvimento para atender as três modalidades apresentadas. Assim o aplicativo poderá ser lançado para o curso de Engenharia Civil.

Palavras-chave: Monitoria Online. Saiyajin. Aplicativo.

Abstract: The present work aimed to develop a mobile application prototype for online monitoring of the disciplines of Civil Engineering course curriculum of the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). A prototype was developed, so as to have a more in-depth study, as well as a good planning for the application to be produced. The new method of online learning is easily accessible and will contribute positively to the dissemination of teaching among students, monitors and teachers, favoring the relationship among them. After the generation of the final application, the application must be adapted to each mobile platform, being IOS, Windows and Android, where it will be necessary to change the canvas development to meet the three modalities presented. So the application can be launched for the Civil Engineering course.

Keywords: Online Monitoring. Saiyajin. Application.

1 INTRODUÇÃO

Em 1549, os jesuítas chegaram ao Brasil, meio século após a chegada dos portugueses. Apenas quinze dias após a chegada, ergueram a primeira escola elementar brasileira, em Salvador. Esses jesuítas podem ser considerados os primeiros educadores do Brasil (ALVES, 2009, p. 13-14).

Do século mencionado acima para os anos 1900, ocorreu muita coisa. Alves (2009) afirma que “muitos especialistas na área de educação apontam o período de 1946 a 1964 como um tempo mais fértil da história da educação no Brasil, onde se destacaram grandes educadores”.

Muita coisa aconteceu desde então. A educação no Brasil passou por muitas reformas, o que ajudou a chegar ao sistema e ao nível de conhecimento que temos hoje. Mas ainda existe muita coisa pra ser melhorada e implantada, para que o país possa ser reconhecido como educação modelo e referência para outros países.

Um documento de consulta do Fórum Nacional de Educação (FNE), 2013, diz que a educação brasileira tem apresentado avanços significativos, mas também muitos desafios, que precisam ser superados, especialmente no que se refere à ampliação do acesso e correção das distorções idade/série na educação básica e superior.

Para que ocorram esses avanços na educação nas Instituições de Ensino Superior (IES), têm-se implantado vários programas e metodologias de ensino ativas. Existem vários outros pontos importantes para esse crescimento agregando assim na educação, com a finalidade de interagir mais os docentes com os discentes. Um desses itens que tem sido apostos às IES é a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) que corresponde

a todas as tecnologias que interferem e medeiam os processos informacionais e comunicativos dos seres. Ainda, podem ser entendidas como um conjunto de recursos tecnológicos integrados entre si, que proporcionam, por meio das funções de hardware, software e telecomunicações, a automação e comunicação dos processos de negócios, da pesquisa científica e de ensino e aprendizagem. (TOTLAB, 2012, p.1)

As monitorias no ensino superior são de praxe comum, em que alunos que apresentam melhor rendimento auxiliam os que têm alguma dificuldade. Unindo a monitoria e as TICs, com o acesso rápido que a internet proporciona, é possível alcançar resultados consideráveis por meio de monitorias online, pois engloba uma forma ampla de abordar os envolvidos, que podem acessar as monitorias a qualquer hora e a qualquer local.

Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo geral o desenvolvimento de um protótipo de um aplicativo mobile para o auxílio de monitorias online das disciplinas da grade curricular do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Diante disso, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- proporcionar um método inovador de estudo e troca de informações entre alunos e monitores;
- aumentar o conhecimento e facilitar a aprendizagem ativa;

- favorecer a interação entre alunos e professores por meio da tecnologia.

2 REVISÃO TEÓRICA

As IES já tem o costume de oferecer as monitorias, para auxiliar os alunos que têm dificuldade em algumas matérias. Entretanto, muitos alunos esbarram na dificuldade de participar desse evento por diversos motivos. Muitas vezes ficam subutilizadas pela falta de alunos. Por consequência, os alunos que apresentam dificuldades acabam abandonando os cursos.

O MEC (2015), por meio de uma pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), revelou um acréscimo desordenado na taxa de desistência do curso de ingresso, na avaliação da trajetória dos alunos entre 2010 e 2014. Em 2010, 11,4% dos alunos abandonaram o curso para o qual foram admitidos e, em 2014, esse número chegou a 49%.

As monitorias são importantes para evitar essas desistências, pois os discentes têm um melhor aprendizado, reforçando o que é visto em sala de aula. Para o monitor, contribuem para sua qualificação. Para os docentes, facilitam a transmissão do conteúdo, melhorando o rendimento. (NEVES; WIGGERS, 2013).

Mesmo já existindo as monitorias, acredita-se que nada é tão bom que não possa ser melhorado. Inovar na forma de realizar as monitorias é algo que auxilia na aprendizagem e agrega valor ao meio acadêmico. As IES têm apostado em melhorias e ampliações tanto na estrutura física quanto em suas metodologias de ensino, para agregar mais valor.

A ampliação com qualidade da Educação Superior no País é uma necessidade e demanda políticas para a ampliação dos atuais percentuais do Produto Interno Bruto (PIB) destinados à educação e ao incremento substantivo de políticas de expansão, por meio da consolidação e garantia de padrões de qualidade, política de avaliação e regulação para todo o sistema. É fundamental debater formatos e processos institucionais, bem como modalidades educativas como a educação a distância, seu papel e limites em um processo expansionista de qualidade (FÓRUM NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2013, p. 75).

Muitos recursos devem ser analisados e implantados para dar mais qualidade ao estudo superior. As IES devem dispor de bibliotecas, laboratórios de informática com acesso à internet, acessibilidade, entre outros fatores que contribuem para um bom ambiente de estudo. Além disso, devem dispor de processos formativos adequados, que “expressem dinâmicas pedagógicas articuladas à valorização dos profissionais da educação, gestão democrática, novas formas de organização e gestão das instituições educativas” (FÓRUM NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2013, p. 30). Assim os conselhos de educação estarão mais fortalecidos, em relação às dificuldades no ensino.

Outro caminho para melhorar o estudo superior são as TICs. Usadas das mais diversas formas, elas se encontram na indústria, no comércio, nos investimentos e na educação. “Na educação presencial, as TICs são vistas como potencializadoras dos processos de ensino-aprendizagem. Pois, a tecnologia traz a possibilidade de maior

desenvolvimento – aprendizagem – comunicação entre as pessoas com necessidades educacionais especiais” (INFOESCOLA, 2018).

As TICs representam ainda um avanço na educação a distância. Com a criação de ambientes virtuais de aprendizagem, os alunos têm a possibilidade de se relacionar, trocando informações e experiências. Os professores e/ou tutores têm a possibilidade de realizar trabalhos em grupos, debates, fóruns, dentre outras formas de tornar a aprendizagem mais significativa (INFOESCOLA, 2018).

O Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) avalia, por meio de vários indicadores, os cursos de graduação superior. Um deles está ligado às TICs, o indicador 1.16, que dá nota 5 para cursos que adotam as TICs e que “permitem a execução do projeto pedagógico do curso, garantem a acessibilidade digital e comunicacional, promovem a interatividade entre docentes, discentes e tutores, asseguram o acesso a materiais ou recursos didáticos a qualquer hora e a lugar” (SINAES, 2017).

Outro indicador, o 1.6 referente à metodologia, dá nota 5 para cursos que “atendem ao desenvolvimento de conteúdo, estratégias de aprendizagem, práticas pedagógicas que estimulam a ação discente e é claramente inovadora e embasada em recursos que proporcionam aprendizagens diferenciadas dentro da área” (SINAES, 2017).

“O Ensino Superior é uma teia complexa de competências, conhecimentos e aptidões. [...]. Os estudantes e as suas atitudes para a aprendizagem mudam com o passar do tempo, assim como a investigação sobre o ensino evolui” (RAMOS *et al.*, 2013, p. 119).

É perceptível o quanto o ensino Superior está se modificando, e essas mudanças precisam ser acompanhadas pelas IES. Os alunos devem ter uma educação de qualidade, pois essa educação é avaliada. Uma boa avaliação pode contribuir para que os graduandos tenham infinitas possibilidades e oportunidades em seu caminho.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa foi baseada em um modelo de desenvolvimento experimental por meio de recursos de linguagem de programação, cujo intuito é colocar a plataforma em uso com os recursos de conexão online para o acesso de alunos e monitores. Diante disso, foi adotada, como elementos primordiais no desenvolvimento, a possibilidade de conexão entre o monitor da disciplina e o aluno interessado, além de um recurso para dúvidas e sugestões, e, como complemento, uma interface em que a aula pode ser assistida pelo aluno.

Para o desenvolvimento da interface do aplicativo, os autores usaram a plataforma *APPMachine 3.0*, que utiliza como base a criação para iOS e Android. Outra forma para desenvolvimento do aplicativo e para agregar mais valor ao trabalho é inscrevê-lo no processo de pré-aceleração do Centro de Empreendedorismo e Aceleração de Negócios (oCEANo), que encerrou suas inscrições no dia 27 de agosto

de 2018. Para participar, era necessária uma equipe multidisciplinar, o que envolveu, além dos autores, alunos do curso de Publicidade e Propaganda e Publicidade e do de Sistemas de informação, da própria IES. A ideia, sendo selecionada, poderia ser realizada e desenvolvida com mais qualidade e com todo auxílio possível, havendo assistência para sanar dúvidas a respeito de mecanismos do mercado de trabalho e do que uma startup necessita.

Como proposta de divulgação, foi desenvolvido um protótipo. Ele conta com várias telas que serão o suporte para o *design* do aplicativo, mostrando como ele funciona. Porém, deve-se esclarecer que, após a geração da aplicação final, deve-se desenvolver o aplicativo.

4 RESULTADOS

Com o intuito de um estudo mais aprofundado, bem como um bom planejamento para que o aplicativo seja produzido, criou-se um protótipo. Sendo assim, foram definidas as seguintes propostas:

- um ambiente para sanar dúvidas por professores e monitores, no qual o aluno será o receptor;
- um *chatbot* com personagem que irá interagir com o usuário no bate-papo;
- o conteúdo abordado são as disciplinas específicas de Engenharia;
- divulgação de eventos institucionais, congressos e visitas;
- disponibilização de resumos e exercícios básicos sem custo para os alunos, porém as vídeo-aulas são pagas.

4.1 PROTÓTIPO

A tela inicial do protótipo está representada na Figura 1. O personagem escolhido é o Goku, aqui ele aparece transformado em *Saiyajin*. *Saiyajin* é uma raça de guerreiros poderosos dos mangás e animes da série Dragon Ball. A ideia de usar esse personagem transformado é fazer uma comparação: os alunos que estudarem pelo aplicativo podem se tornar *saiyajins* nos estudos, ou seja, podem ser mais fortes no aprendizado. Como a série é conhecida por muitos jovens e adultos, esse já é um meio de divulgação para o aplicativo.

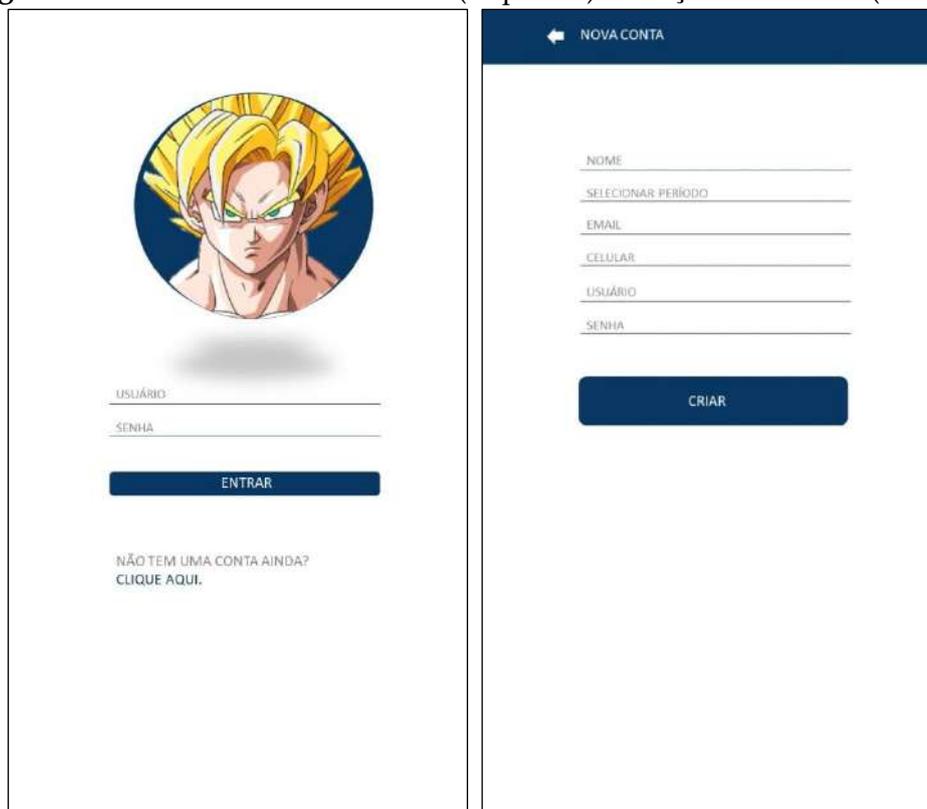
Figura 1 – Tela inicial



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A Figura 2 apresenta a tela de acesso à conta, em que o usuário digita seus dados e entra em seu perfil (à esquerda); e a tela de cadastro para o usuário que ainda não tem perfil (à direita). As informações que devem ser inseridas no cadastro são simples, assim como a forma de usar o aplicativo, e isso facilita a adesão de muitos alunos.

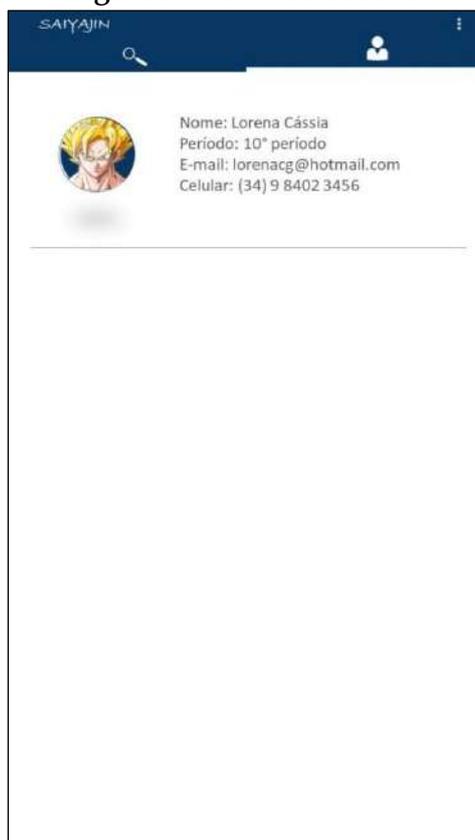
Figura 2 – Acesso à conta do usuário (esquerda) e criação de usuário (direita)



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

O perfil do usuário é visto na Figura 3, na aba da direita. Na aba da esquerda, encontra-se a opção de pesquisa, em que o aluno interage perguntando ou tendo respostas a dúvidas.

Figura 3 – Perfil do usuário



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

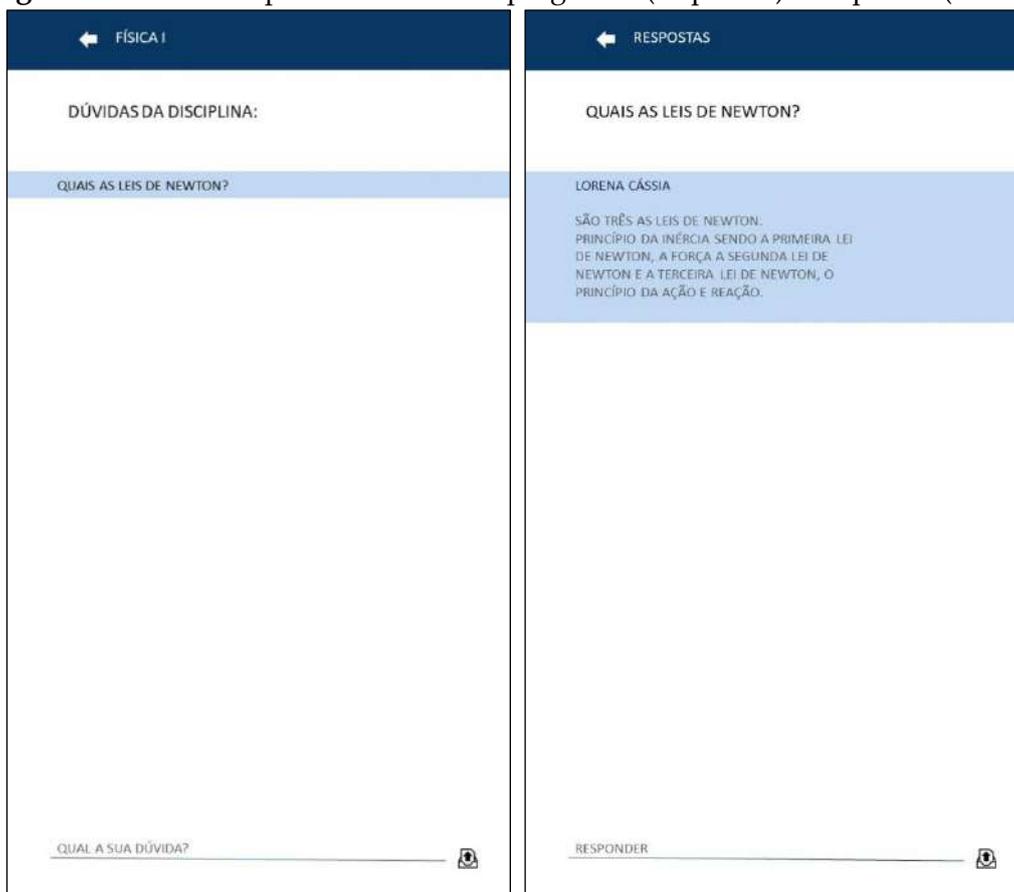
As disciplinas são separadas por período, como mostra a Figura 4. Essa distribuição de disciplinas está de acordo com a grade curricular do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). A imagem à direita apresenta três abas: na aba de “notícias”, são fornecidas as informações referentes à Engenharia Civil; na aba “sobre”, são divulgados os congressos, feiras e demais assuntos referentes ao curso de Engenharia Civil do UNIPAM; na última aba, o *logout*.

Figura 4 – Disciplinas (esquerda) e abas (direita)

Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

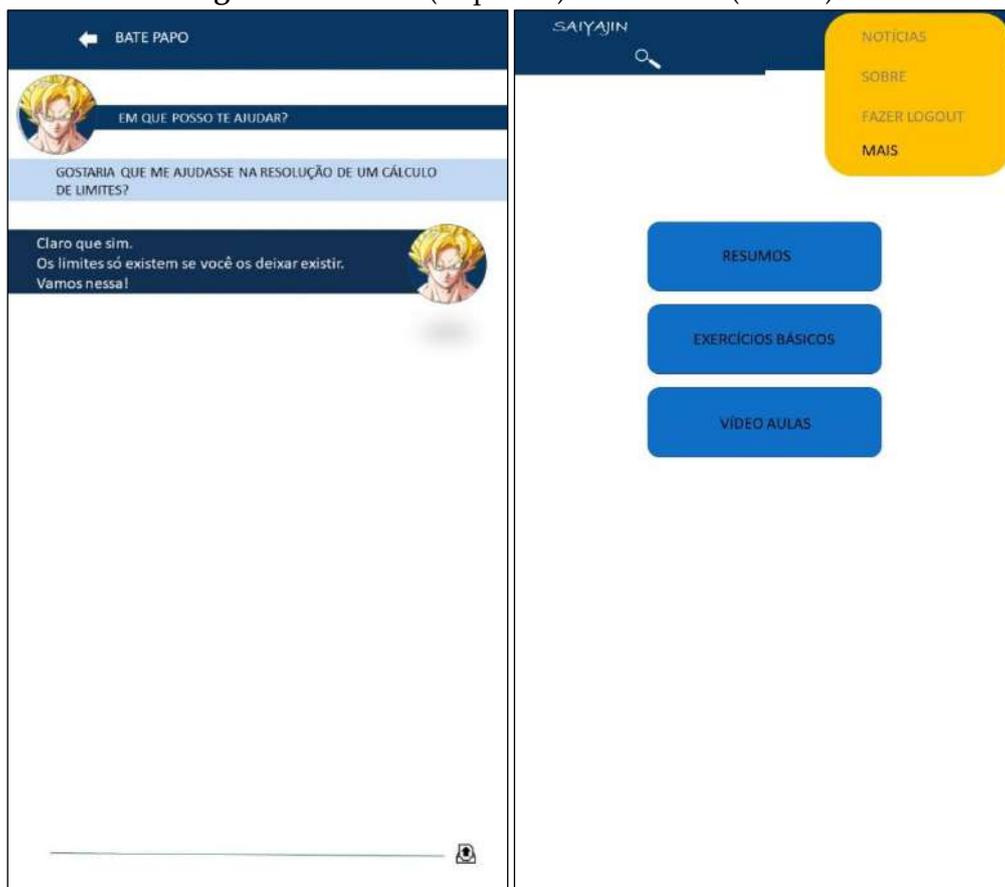
O ambiente para dúvidas pode ser visto na Figura 5. Um aluno pode enviar sua pergunta e outro usuário irá responder, seja ele aluno, monitor ou professor. Será acrescentado um item de avaliação da resposta para que os estudantes possam confiar no aplicativo. Essa avaliação pode ser feita pelo próprio aluno que teve a dúvida, sendo uma confirmação de que a resposta solucionou seu questionamento, ou até pelos outros usuários.

Figura 5 – Ambiente para dúvidas com perguntas (esquerda) e respostas (direita)



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A Figura 6 mostra, à esquerda, um *chatbot*, em que o personagem do aplicativo interage com o usuário, um bate-papo. À direita, tem-se uma área que disponibiliza resumos e exercícios básicos sem custo, porém as vídeo-aulas são pagas. Esse *chatbot* e essa área são comandados pelos monitores, que são vinculados posteriormente para dar mais suporte aos alunos.

Figura 6 – Chatbot (esquerda) e exercícios (direita)

Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

5 CONCLUSÕES

Podem ser apresentadas as seguintes conclusões:

- (i) o novo método de aprendizagem online é de fácil acesso e pode contribuir positivamente para a disseminação do ensino entre alunos, monitores e professores, favorecendo as relação entre eles;
- (ii) ser o aplicativo é muito eficaz, uma vez que vários meios de pesquisas são disponibilizados em um só local, podendo oferecer facilidade nas buscas e métodos simples para saná-las;
- (iii) após a geração da aplicação final, deve-se adaptar o aplicativo para cada plataforma mobile, sendo elas *IOS*, *Windows* e *Android*, em que é necessário realizar mudança no *canvas* desenvolvimento para atender as três modalidades apresentadas.

REFERÊNCIAS

ALVES, Washington Lair Urbano. **A história da Educação no Brasil: da Descoberta à Lei de Diretrizes e Bases de 1996**. Monografia, Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium. São Paulo: Lins, 2009.

FÓRUM NACIONAL DE EDUCAÇÃO (FNE). **Educação brasileira: indicadores e desafios**. Documento de consulta. 2013. Disponível em: http://conae2014.mec.gov.br/images/pdf/educacao_brasileira_indicadores_e_desafios.pdf. Acesso em: 06 mar. 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Altos índices de desistência na graduação revelam fragilidade do ensino médio, avalia ministro**. 2015. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/32044-censo-da-educacao-superior>. Acesso em: 06 mar. 2018.

NEVES, Douglas; WIGGERS, Giulia Alessandra. Monitoria Acadêmica: importância para docentes, monitor e discentes pesquisa na graduação. **Pesquisa científica**, Pampa, v. 5, n.1, p. 11, jan. 2013.

RAMOS, Ana *et al.* Implementação de novas práticas pedagógicas no Ensino Superior. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, Universidade do Minho. vol. 26 nº, 2013. p. 115-141.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES)**. 2017. Disponível em: portal.inep.gov.br/sinaes. Acesso em: 06 mar. 2018.

INFOESCOLA. **Tecnologia da informação e comunicação**. 2018. Disponível em: <https://www.infoescola.com/informatica/tecnologia-da-informacao-e-comunicacao/>. Acesso em: 06 mar. 2018.

TOTLAB. **O que é TIC?** 2012. Disponível em: <http://totlab.com.br/noticias/o-que-e-tic-tecnologias-da-informacao-e-comunicacao/>. Acesso em: 06 mar. 2018.

Aplicativo mobile para avaliação de eventos e pesquisas baseado em técnicas de aprendizado de máquina

Mobile app for event evaluation and research based on machine learning techniques

Alesanco Araújo Marins

Graduando do curso de Sistemas de Informação (UNIPAM).

E-mail: alesancoam@unipam.edu.br

José dos Reis Mota

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: josereis@unipam.edu.br

Resumo: A avaliação, em todas as suas formas e meios, é muito importante. Ela se faz presente em todas as áreas, como eventos, educação, empresas, de diversas formas, como *feedback* por conversa, formulários e aplicativos mobile. Nesse contexto, este artigo relata o processo de pesquisa e desenvolvimento de um aplicativo que oferece aos envolvidos no processo avaliativo uma forma ágil e rápida de apuração de todo o processo, independentemente da forma ou meio, e, por consequência, auxilia o processo de tomada de decisão. Para o desenvolvimento do projeto, foram utilizadas tecnologias como *Ionic Framework*, linguagens de programação *Typescript* e *Python*, arquitetura *REST*, banco de dados *MYSQL*.

Palavras-chave: Avaliação. Aprendizado de máquina. Inteligência artificial.

Abstract: Evaluation, in all its forms and means, is very important. Evaluation is present in all areas, such as events, education, companies, in various forms, such as feedback by conversation, forms and mobile applications. In this context, this article reports the research and development process of an application which offers, to the ones involved in the evaluative process, an agile and fast way to verify the whole process by whatever form or medium and, consequently, help decision making process. For the project development, technologies such as *Ionic Framework*, *Typescript* and *Python* programming languages, *REST* architecture, *MYSQL* databases were used.

Keywords: Evaluation. Learning machine. Artificial intelligence.

1 INTRODUÇÃO

Todas as tecnologias estão em constante evolução, e isso possibilita que tudo ao seu entorno também esteja nessa constante busca por aprimoramento. O processo avaliativo de eventos e pesquisas não pode ser diferente, já que são atividades de extrema importância que possibilitam grandes experiências.

Atualmente, existem diversos meios que possibilitam avaliar um evento ou pesquisa. Os mais difundidos são por meio de formulários impressos, formulários online, redes sociais, e-mails. Contudo, não podem ser os meios mais efetivos e práticos, visto que demandam uma grande quantidade de tempo, acarretam custos extras, necessitam de uma compreensão de quem está avaliando e, por fim, existe um grande problema: os dados resultantes de todo o processo de avaliação devem ser analisados e entendidos para fornecer importantes informações ao organizador.

O uso de sistemas de apoio aprimorando os métodos promovendo maior desenvolvimento e acesso à informação. Com isso, investir em soluções inteligentes é o meio de fazer com que a avaliação de um evento ou pesquisa possa ser uma opção mais funcional.

Buscando efetivar os meios e o processo de avaliação de um evento e pesquisa, este estudo teve como objetivo geral desenvolver um aplicativo que proporcione um ambiente adequado e, por meio de perguntas e respostas, possibilite a avaliação de eventos e pesquisas, assim como a utilização de técnicas de aprendizado de máquina para classificação dos dados obtidos. Essa utilização possibilita que, por meio de um conjunto de rótulos obtidos de dados de treinamento, seja possível prever a avaliação de todos os dados obtidos, evitando diminuição de tempo gasto e minimizando riscos na tomada de decisão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, são apresentados conceitos referentes ao Aprendizado de Máquina e demais tecnologias utilizadas durante o desenvolvimento do trabalho.

2.1 APRENDIZADO DE MÁQUINA

De acordo com Monard e Baranauskas (2003, *apud* VASSALLI, 2018), o Aprendizado de Máquina (AM) é uma área da inteligência artificial que tem como objetivo desenvolver técnicas computacionais sobre o aprendizado, além de possibilitar a criação de sistemas capazes de adquirir conhecimento de maneira automática. Cada sistema de aprendizado possui suas próprias características, não havendo, portanto, um algoritmo universal capaz de solucionar todos os problemas.

Algoritmos de AM têm sido amplamente utilizados em diversas tarefas. Essas tarefas podem ser organizadas de acordo com diferentes critérios. Um deles diz respeito ao paradigma de aprendizado a ser adotado para lidar com a tarefa. De acordo com esse critério, as tarefas de aprendizado podem ser divididas em preditivas e descritivas. Em tarefas de previsão, a meta é encontrar uma função (também chamada de modelo ou hipótese) a partir dos dados de treinamento que possa ser utilizada para prever um rótulo ou valor que caracterize um novo exemplo, com base nos valores de seus atributos de entrada e saída. Para isso, cada objeto do conjunto de treinamento deve possuir atributos de entrada e saída. Em tarefas de descrição, a meta é explorar ou descrever um conjunto de dados. Os algoritmos de AM utilizados nessas tarefas não fazem uso do atributo de saída.

A Figura 1 apresenta uma hierarquia de aprendizado de acordo com os tipos de tarefas de aprendizado.

Figura 1 – Hierarquia de aprendizado



Fonte: Carvalho *et al.*, 2011.

No topo da Figura 1, aparece o aprendizado indutivo, processo pelo qual são realizadas as generalizações a partir dos dados. Têm-se em seguida os tipos de aprendizado supervisionado (preditivo) e não supervisionado (descritivo). As tarefas supervisionadas se distinguem pelo tipo de rótulos dos dados: discreto, no caso de classificação; e contínuo, no caso de regressão. As tarefas descritivas são genericamente divididas em agrupamento, em que os dados são agrupados de acordo com sua similaridade; sumarização, cujo objetivo é encontrar uma descrição simples e compacta para um conjunto de dados; e associação, que consiste em encontrar padrões frequentes de associações entre os atributos de um conjunto de dados.

No trabalho docente, a avaliação é uma tarefa necessária para que o avaliador não limite sua opinião a uma simples nota, e sim para que ele possa discorrer sobre o projeto avaliado em questão e para que sua avaliação seja feita de forma automática a partir disso. O foco será nas tarefas de aprendizado indutivo supervisionado, ou seja, a partir de dados já existentes. Esperam-se obter modelos preditivos em relação ao aproveitamento acadêmico dos discentes.

2.2 IONIC FRAMEWORK

Com a criação dos dispositivos inteligentes, surgiu uma grande quantidade de Sistemas Operacionais. Com isso, surgia também a dificuldade de padronizar uma linha de desenvolvimento de aplicações que fossem portáteis ou multiplataforma.

O ionic é um *framework* para desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis que busca facilitar o desenvolvimento de aplicativos híbridos, ou seja, que funcionem independentemente de plataformas.

Segundo Gonçalves (2017), os aplicativos híbridos são desenvolvidos com os recursos de um sistema web, que podem ser empacotados e distribuídos nas lojas de aplicativos como se fossem nativos. Todo o código produzido em uma aplicação híbrida é executado dentro de um recurso chamado *webview*, um tipo especial de browser que é executado quando a aplicação híbrida é requisitada pelo usuário. Essa

forma de execução sobre o *webview* não fica explícita para o usuário, deixando a impressão de que o aplicativo se comporta da mesma forma que um aplicativo nativo. O nome híbrido é dado justamente pela característica da junção de código nativo para empacotamento e distribuição do aplicativo com o código não nativo (HTML, CSS e JavaScript), responsável pelo visual e funcionalidades da aplicação.

2.3 REDES NEURAIAS

De acordo com Haykin (2007), uma rede neural é um processador maciça e paralelamente distribuído e constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso.

As redes neurais se assemelham bastante ao funcionamento do cérebro humano. Assim, é possível traçar um paralelo entre ambos, da seguinte forma: no momento de seu nascimento, um cérebro tem uma grande estrutura e habilidade para desenvolver suas próprias regras através do que usualmente denominamos "experiência". Na verdade, a experiência vai sendo acumulada com o tempo, sendo que o mais dramático desenvolvimento (i.e., por ligações físicas) do cérebro humano acontece durante os dois primeiros anos de vida, mas o desenvolvimento continua para muito além desse estágio.

Um neurônio em "desenvolvimento" é sinônimo de um cérebro plástico: a plasticidade permite que o sistema nervoso em desenvolvimento se adapte ao seu meio ambiente. Assim como a plasticidade parece ser essencial para o funcionamento dos neurônios como nas unidades de processamento de informação do cérebro humano, também ela o é com relação às redes neurais construídas com neurônios artificiais (HAYKIN, 2007).

2.3.1 REDE NEURAL DO TIPO LSTM

Uma Rede de Memória Longa de Curto Prazo, mais conhecida como Long Short-Term Memory (LSTM), é uma Rede Neural Recorrente (RNN, de Recurrent Neural Network) composta por unidades LSTM.

A ideia principal de uma Rede Neural Recorrente é que ela pode ser alimentada com dados importantes ao modelo – no caso, os dados históricos de avaliações realizadas pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), para realizar as previsões. É possível definir que o modelo receberá entradas de todo o histórico de avaliações e retornará uma nota para as seguintes. Contudo, sem o treinamento, o modelo não é capaz que realizar a previsão. É necessário treinar o modelo com um histórico de avaliações por diversas vezes, para que ele seja calibrado e, assim, espere-se que, no fim, preveja uma nota para determinada entrada.

Elman (1990) formalizou uma RNN da seguinte forma:

$$h^t = \sigma(W_h X + W_{hh} h^{t-1})$$

$$y = \sigma(W_y h^t)$$

em que h é definido como o estado oculto, σ é a função de ativação, W são os pesos, X entrada e y saída.

Já uma rede neural do tipo LSTM, segundo Vassalli (2018), é composta de um neurônio e portões de entrada, esquecimento e saída. O neurônio é responsável pela memória da rede, representada pela ativação baseada na soma ponderada, e os portões são uma forma de, opcionalmente, permitir a informação. Vamos analisar uma rede LSTM em seus componentes:

- estado oculto: usado para determinar o que esquecer, entrar e sair no passo seguinte,
- estado de entrada: combinação do estado oculto e entrada atual,
- estado interno: valores com função de memória,
- portão de entrada: decide se a entrada alcança o estado interno

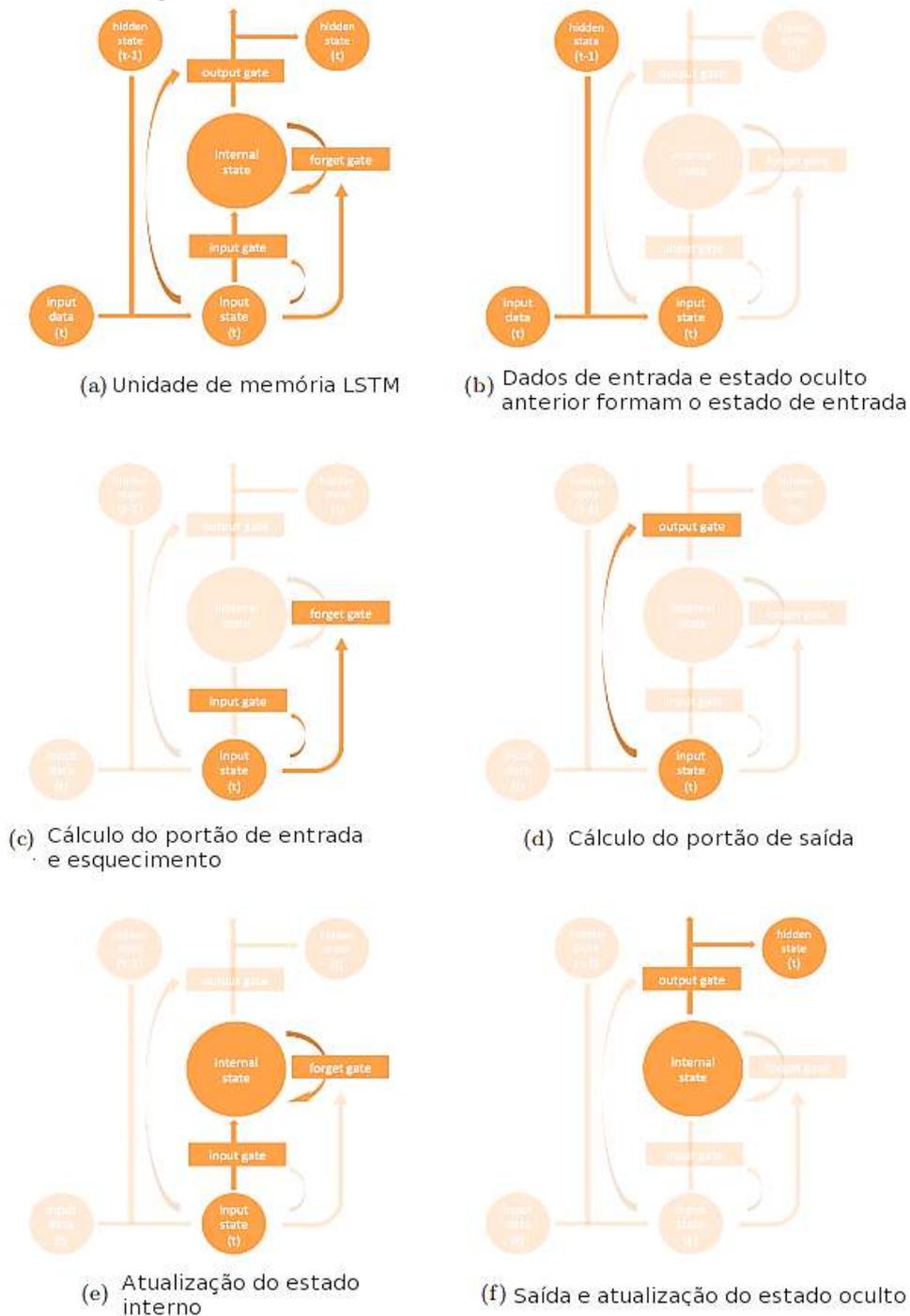
$$i^{(t)} = \sigma(W^{ix}x^{(t)} + W^{ih}h^{(t-1)} + b_i)$$

- portão de esquecimento: decide se o estado interno desconsidera o anterior
- portão de saída: decide se o estado interno é passado à saída e ao estado oculto no passo seguinte.

$$o^{(t)} = \sigma(W^{ox}x^{(t)} + W^{oh}h^{(t-1)} + b_o)$$

A Figura 2 mostra o esquema de uma unidade LSTM e suas funções detalhadas.

Figura 2 – A unidade LSTM e suas funções detalhadas



Fonte: Wang; Raj, 2017

O funcionamento é baseado na conexão entre os neurônios de RNN, que devem ser conectados entre as camadas, podendo ser anteriores e seguintes. Para cada neurônio a partir de entradas recebidas, é atribuído um determinado peso e subtraído deles um valor definido como bias e, por fim, submetidos à função de ativação para representar a ativação do neurônio. Os pesos constituem a memória da rede a partir do treinamento recebido.

3 METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizado um estudo bibliográfico sobre a Inteligência Artificial, aprofundando na área do Aprendizado de Máquina, buscando esclarecer conceitos sobre os algoritmos que foram utilizados na análise dos dados. Também foi feito um estudo sobre as demais tecnologias a serem utilizadas no desenvolvimento. Na segunda etapa, foi feito um levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais, buscando elucidar e definir as necessidades do negócio, para o qual o aplicativo deve prover a solução. Na terceira etapa, foi realizada a modelagem do modelo do banco de dados, buscando criar um modelo de acordo com os requisitos definidos na etapa anterior. Na quarta etapa, foi desenvolvido o aplicativo juntamente com a API, buscando implementar e testar as principais operações CRUD definidas no levantamento de requisitos. Na última etapa, foi desenvolvido o modelo de aprendizado de máquina juntamente com sua API e, após o desenvolvimento, foram realizados testes e ajustes buscando adequá-lo aos dados gerados pelo aplicativo.

O Quadro 1 lista ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do aplicativo.

Quadro 1 – Ferramentas e tecnologias utilizadas

Nome	Descrição
Visual Studio Code	Editor de código utilizado para criar e depurar aplicativos da Web e da nuvem.
SQL Power Architect	Software utilizado para desenvolver os diagramas UML.
Ionic	Framework para desenvolvimento de aplicações voltadas para dispositivos móveis.
Mysql	Sistema gerenciador de banco de dados que utiliza a linguagem SQL para gerenciar o conteúdo do banco de dados.
NodeJS	Interpretador de código JavaScript com o código aberto voltado para o lado do servidor.
Python	Linguagem de programação de alto nível, interpretada, orientada a objetos, funcional e de tipagem dinâmica e forte.
Firebase Cloud Message	Solução de mensagens entre plataformas que permite o envio confiável de notificações sem custo.
BitBucket	Serviço de hospedagem de repositório para versionamento do código.
Microsoft Office Word	Editor de texto utilizado para documentação do projeto.
Google Cloud	Plataforma de serviços em nuvem oferecida pela Google.

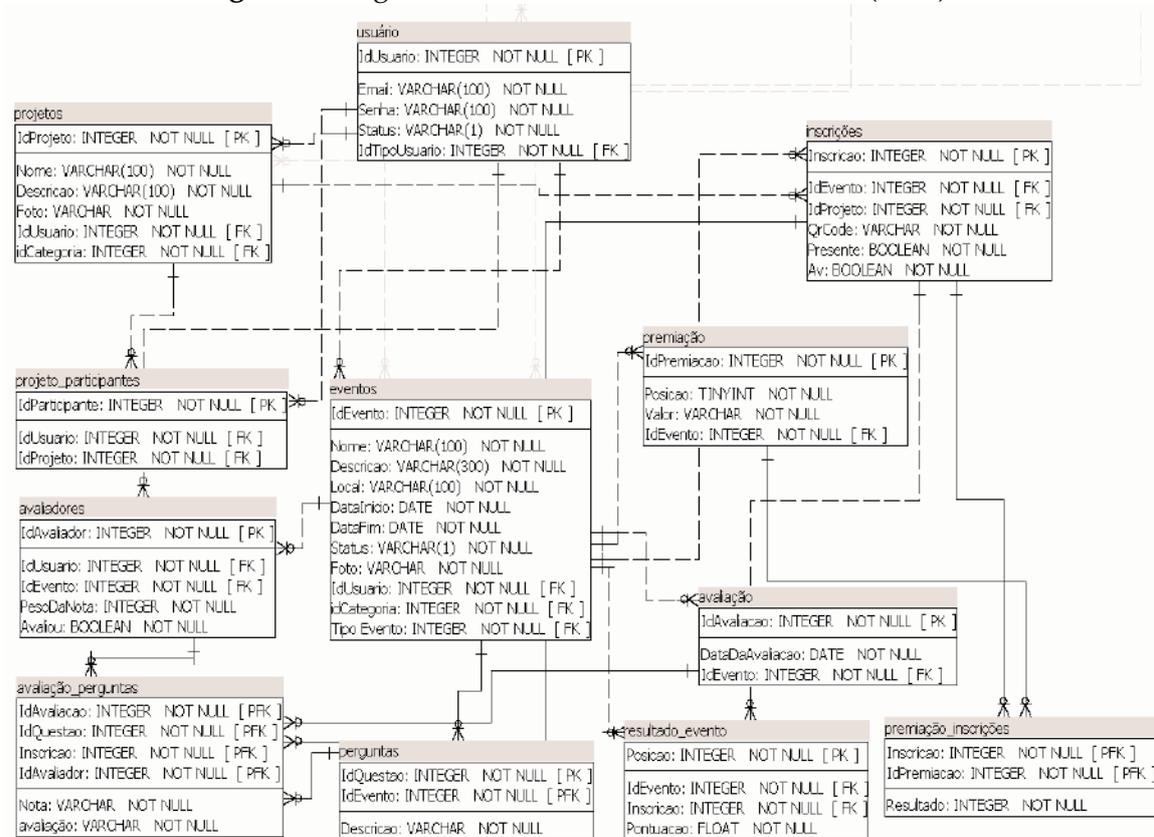
Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa nos sistemas já existentes e no processo de avaliação utilizado no Projeto Integrador do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), para definir quais os requisitos necessários para o desenvolvimento do aplicativo, tendo em vista que seu principal objetivo é automatizar a avaliação.

A partir dos requisitos levantados, foi elaborado o Diagrama de Entidade e Relacionamento (DER), para descrever os objetos (entidades) envolvidos no domínio de negócio, com suas características (atributos) e como elas se relacionam entre si (relacionamentos). A Figura 3 apresenta o Diagrama de Entidade e Relacionamento (DER) elaborado.

Figura 3. Diagrama de Entidade e Relacionamento (DER)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

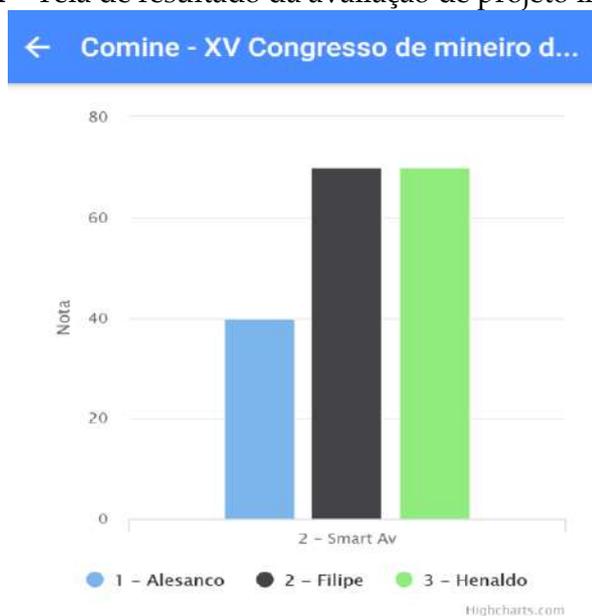
Entre as entidades destacam-se as mais importantes para funcionamento do aplicativo, como a entidade usuário, responsável por manter as informações do usuário e controlar o acesso ao aplicativo logo que as principais funcionalidades estão restritas a usuários cadastrados. A entidade usuário está diretamente relacionada às entidades evento e projeto, pois, para criar novos projetos e eventos, o usuário já deve estar previamente cadastrado no aplicativo. A entidade evento é relacionada com as entidades avaliador, pergunta, inscrição, premiação, resultado e avaliação. Ao criar um evento, será necessário informar os avaliadores, com suas respectivas notas, as

perguntas para avaliação e sua premiação por posição caso possua. A entidade projeto possibilita atribuir diversos participantes, possibilitando que a avaliação não seja feita somente individual, mas também por grupos.

Outra entidade chave para o aplicativo é a avaliação_pergunta. A partir dos dados obtidos da avaliação de cada avaliador, é realizada uma chamada a API que realiza o machine learning em cada avaliação, gerando, assim, os resultados para a entidade resultado_evento.

Após a apuração do evento, é possível a cada inscrito bem como seus participantes analisar os resultados da avaliação detalhada e suas respectivas notas, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Tela de resultado da avaliação de projeto individual



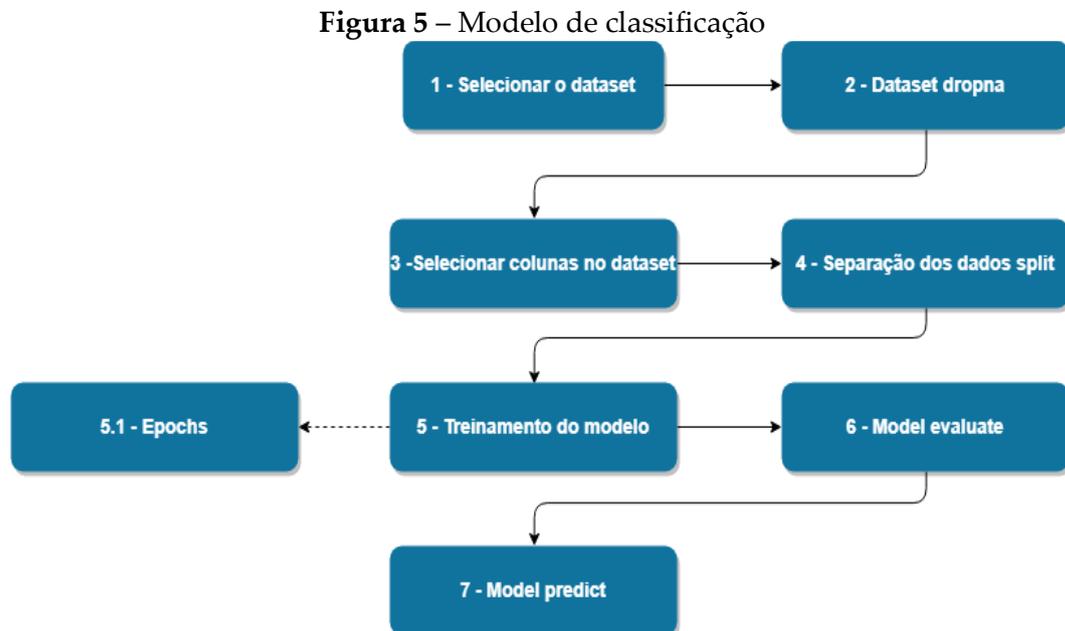
Fonte: Dados da pesquisa, 2018.o

Para proporcionar uma melhor comunicação entre usuário e aplicativo, foram desenvolvidas funções para envio de notificações automáticas utilizando *Firebase Cloud Messaging* (FCM). Cada função consiste em um conjunto de instruções a serem executadas quando suas condições definidas forem satisfeitas. As condições definidas variam de acordo com seu objetivo, podendo ser: a) evento iniciado; b) evento finalizado; c) projeto premiado. Quando uma das condições é satisfeita, a função responsável envia a notificação ao FMC através do método *sendToDevice()* e ele fica encarregado de enviar a notificação para o aplicativo.

Para que fosse possível a realização do *machine learning*, o Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) disponibilizou dados obtidos de vários tipos de avaliações realizadas semestralmente, por meio do portal acadêmico. Os dados foram utilizados para treinamento do algoritmo de aprendizado de máquina e validação dos resultados.

Após a obtenção e adequação dos dados, foi criado um modelo utilizando algoritmo de classificação, técnica de aprendizado supervisionado que, através de

conjunto de padrões anteriormente classificados (dados de treinamento), consegue prever uma resposta a partir de um conjunto de dados totalmente novo. A Figura 5 representa o modelo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O modelo da Figura 5 é descrito em etapas. Na primeira etapa, é selecionado o *dataset* com os dados obtidos. Na segunda etapa, são feitas diversas tratativas para modelar os dados de acordo com o modelo, buscando retirar dados inconsistentes a partir do método *dropna*, para obter uma predição assertiva e mais próxima da realidade. Na terceira etapa, são escolhidas as variáveis que serão trabalhadas pelo modelo; são selecionadas através do comando `data[['coluna1', 'coluna2']]` e, após essa seleção, é criado um novo *dataset*, filtrando apenas as colunas e valores das variáveis definidas. Na quarta etapa, os dados do *dataset* são divididos em dois novos *datasets*, para que, posteriormente, um deles seja dedicado apenas para o treinamento e o outro para validação dos resultados obtidos. O *dataset* foi dividido em 50% para treinamento e 50% para validação. Na quinta etapa, é realizado o treinamento do modelo; nesta etapa, foram definidos 15 *epochs*, que consistem na quantidade de vezes que o algoritmo irá passar pelos dados. Durante cada *epoch*, é possível acompanhar o aumento da acurácia do modelo conforme a Figura 6 apresenta.

Figura 6 – Evolução do modelo

```
In [9]: batch_size = 32
model.fit(X_train, Y_train, epochs = 15, batch_size=batch_size, verbose = 2)

Epoch 1/15
- 240s - loss: 0.4299 - acc: 0.8074
Epoch 2/15
- 238s - loss: 0.2595 - acc: 0.8957
Epoch 3/15
- 236s - loss: 0.1903 - acc: 0.9287
Epoch 4/15
- 236s - loss: 0.1515 - acc: 0.9442
Epoch 5/15
- 243s - loss: 0.1212 - acc: 0.9549
Epoch 6/15
- 251s - loss: 0.1114 - acc: 0.9587
Epoch 7/15
- 249s - loss: 0.0914 - acc: 0.9653
Epoch 8/15
- 237s - loss: 0.0833 - acc: 0.9708
Epoch 9/15
- 236s - loss: 0.0657 - acc: 0.9770
Epoch 10/15
- 234s - loss: 0.0598 - acc: 0.9781
Epoch 11/15
- 233s - loss: 0.0595 - acc: 0.9778
Epoch 12/15
- 254s - loss: 0.0529 - acc: 0.9806
Epoch 13/15
- 276s - loss: 0.0529 - acc: 0.9820
Epoch 14/15
- 278s - loss: 0.0491 - acc: 0.9850
Epoch 15/15
- 277s - loss: 0.0451 - acc: 0.9863
```

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Ao final dos 15 *epochs*, é possível mensurar que o modelo conseguiu uma acurácia de 0.9863 com os dados de treinamento. Na quinta e última etapa, a partir da entrada de dados, o modelo irá predizer a sua devida nota. Após a predição, sua saída é ajustada ao peso da nota de cada avaliador e alimentará o resultado do evento.

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado possibilitou o desenvolvimento de um aplicativo para avaliação de eventos e pesquisas baseado em técnicas de aprendizado de máquina. O uso das técnicas de aprendizado de máquina para avaliação obteve resultado positivo, possibilitando não apenas uma agilidade no processo avaliativo, mas também uma melhora do processo de tomada de decisão de forma assertiva.

Durante o desenvolvimento, um dos obstáculos não somente para o trabalho em questão, mas também para todas as áreas relacionadas à inteligência artificial se fez presente, a obtenção de dados suficientes para treinamento e avaliação do modelo. Os dados obtidos foram disponibilizados pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Os dados foram separados em dois conjuntos, um conjunto para treinamento e outro para validação. Ao final, foi possível mensurar que a acurácia obtida pelo modelo foi satisfatória.

Futuramente, pretende-se que o aplicativo não se limite a avaliações de eventos e pesquisas, mas busque auxiliar na área acadêmica por meio da avaliação de trabalhos e testes acadêmicos.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, André Ponce de Leon *et al.* **Inteligência artificial**: uma abordagem de Aprendizado de Máquina. Rio de Janeiro: Editora LTC Editora, 2011.

ELMAN, J. L. **Finding structure in time**. *Cognitive Science*, 14(2), 179–211, 1990.

FACELI, Katti; LORENA, Ana Carolina; GAMA, João; CARVALHO, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de. **Inteligência artificial**: uma abordagem de aprendizado de máquina. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GOIS, Adrian. **Ionic Framework**: construa aplicativos para todas as plataformas mobile. [S.l.]: Casa do Código, 2017. v. 1.

GONÇALVES, Allan Jheyson Ramos. Desenvolvimento de aplicativos híbridos com o ionic framework. **Escola regional de informática do Piauí**. livro anais – artigos e minicursos, Piauí, v. 1, n. 1, p. 500-515, jun. 2017. Disponível em: <http://www.eripi.com.br/2017/images/anais/minicursos/13.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2018.

HAYKIN, Simon. **Redes neurais**: princípios e prática. 2. ed. [s. L.]: Bookman Editora, 2007.

MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A. Conceitos sobre aprendizado de máquina. *In*: VASSALLI, Lucas Coutinho. **Aplicação de Redes Neurais LSTM para a previsão de curto prazo de vazão do Rio Paraíba do Sul**. 2018. 36 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

WANG, H.; RAJ, B. **On the origin of deep learning**. ArXiv e-prints, fev. 2017.

Aplicativo para cálculo dos elementos planimétricos do projeto geométrico rodoviário

*Application for the calculation of the planimetric elements of the road
geometric design*

Allyson Tolentino Mendes

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: allysoneng9@gmail.com

João Afrânio Rosa

Graduando do curso de Sistemas de Informação (UNIPAM).

E-mail: joaoalfraniorosa@hotmail.com

Vinícius Vieira Sousa

Professor do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: viniciusvieiras@unipam.edu.br

Juliana Lilis da Silva

Professora do curso de Sistemas de Informação (UNIPAM).

E-mail: juliana@unipam.edu.br

Resumo: As estradas são o principal meio de ligação entre as cidades e estados, impactando diretamente nas tarefas diárias das pessoas que necessitam se locomover, sendo assim elas devem ser projetadas para comportarem inúmeros usuários durante o dia com a maior segurança e conforto possível. Um projeto geométrico de estrada deve ser calculado considerando todas as características existentes da região em que ela se encontra, determinando assim todos os seus parâmetros que vão desde o raio mínimo da concordância de duas tangentes até as distâncias mínimas para realização de ultrapassagem. Elencando a tecnologia que se tem nos dias atuais com todos os parâmetros existentes para elaboração de um projeto geométrico de estrada, este trabalho propôs realizar a construção de um aplicativo capaz de calcular todos estes parâmetros, além dos elementos para locação de curvas simples e de transição de estradas.

Palavras-chave: Projeto geométrico rodoviário. Curva horizontal. Curva de transição.

Abstract: Roads are the primary means of linking cities and states, which has a direct impact on people's daily tasks who need to move around, so they must be designed to accommodate countless users during the day with the highest safety and comfort possible. A geometric road design must be calculated considering all the existing characteristics of the region in which it is located, thus determining all its parameters ranging from the minimum radius of the agreement of two tangents to the minimum distances for overtaking. Considering the technology we have today, with all the existing parameters for the elaboration of a geometric road design, this work proposes the construction of an application capable of calculating all these parameters, as well as the elements for locating simple curves and transition curves of roads.

Keywords: Geometric road design. Horizontal curve. Transition curve.

1 INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário brasileiro ainda é responsável por ser o maior meio de transporte, tanto de bens quanto de pessoas. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), na década de 1940, o Brasil já se contemplava com aproximadamente 423 quilômetros de rodovias federais e estaduais pavimentadas. Conforme a pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), realizada no ano de 2017, o Brasil hoje conta com 1.735.621 quilômetros de rodovias, mas somente 212.886 quilômetros de rodovias são pavimentados.

Ainda de acordo com a pesquisa da CNT realizada em 2017, de 105.814 quilômetros de malha rodoviária percorridos no Brasil, cerca de 77,9% apresentou problemas de geometria da via. Tais números mostram que as rodovias precisam passar por revisões de projetos urgentemente, pois já não são preparadas para suportarem tamanho tráfego que se encontram.

Com o advento da tecnologia em praticamente todas as áreas de atuação profissional, o que, há alguns anos levaria meses para ser planejado e executado, hoje, com ajuda de softwares computacionais, tornou-se muito mais prático e rápido de ser desenvolvido. Uma plataforma sinônima de praticidade é o aplicativo móvel, o qual exige do profissional apenas um *smartphone* com acesso à *internet*, para que, no próprio canteiro de obras, possa conferir cálculos e dados de projetos.

Devido à alta quilometragem de rodovias que devem ser planejadas e restauradas no Brasil e diante dessa constante evolução tecnológica, surge a necessidade de desenvolver técnicas que atraem o interesse dos alunos e profissionais técnicos, capazes de calcular e conferir elementos planimétricos básicos de concordância de alinhamentos. Além disso, o aplicativo contribuirá para o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que desperta o interesse dos graduandos, cursando a disciplina de Estradas em Engenharia Civil.

De acordo com o relatório estatístico realizado pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), o Brasil, no mês de novembro de 2017, contava com 96.790.495 veículos. Esse imenso número causa um impacto diretamente na capacidade de operação das vias rodoviárias, pois grande parte das rodovias não foi projetada para suportar essa quantia de veículos que cresce a cada ano. Nesse sentido, grandes partes das rodovias do Brasil terão que passar por um processo de reformulação de projetos.

Nos dias atuais, grande parte de alunos de graduação, ao serem exigidos em certa atividade acadêmica, procuram ferramentas que facilitem o seu desenvolvimento. Conforme a pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), o Brasil, no ano de 2017, contava com 208 milhões de *smartphones* conectados à *internet*, número que representa cerca de 1 dispositivo por habitante.

Essa estatística mostra que manter um aluno desconectado de um *smartphone* é algo extremamente difícil. Entretanto, é possível compatibilizar alguns recursos

tecnológicos com conteúdo educacional, sendo plausível combinar técnicas inovadoras, capazes de estimular o aprendizado do aluno.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi criar um aplicativo móvel que auxiliará o profissional técnico, calculando todos os elementos planimétricos essenciais para elaboração de projetos geométricos de estradas, além de contribuir para o aprendizado de alunos que cursam Engenharia Civil.

O aplicativo está apto a realizar as seguintes funções:

- calcular as características técnicas da estrada,
- determinar os elementos das curvas circulares simples,
- determinar os elementos das curvas circulares de transição simétrica,
- definir o número das estacas notáveis para locação da curva circular simples ou transição simétrica.

Assim, pode-se notar que o aplicativo serve de apoio aos estudos, capaz de alavancar o conhecimento técnico-científico, de modo a contribuir para o meio acadêmico e a estimular o interesse do aluno pela disciplina de Estradas, além de funcionar como ferramenta prática para o profissional técnico da área.

2 REVISÃO TEÓRICA

Segundo Pimenta e Oliveira (2004), as estradas têm como aspecto primordial fazer a ligação entre dois pontos conhecidos. Uma concordância reta entre eles, quando muito extensa, não é a melhor solução para se traçar uma estrada, pois pode provocar aos motoristas certa sonolência, contribuindo para acidentes de trânsito. Torna-se inviável socioeconomicamente quando há presença de taludes formados por material de alta dureza, rios, desapropriação de loteamentos e construções.

2.1 PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico é que define qual caminho ideal as estradas e rodovias devem possuir, sendo composto pelas fases de reconhecimento, exploração e locação. Por meio do reconhecimento são localizados todos os contratemplos: topográficos, geológicos e hidrológicos. Já a fase de exploração realiza os estudos topográficos, delimitando o eixo provável da estrada e o estudo do tráfego, determinando a classe de projeto e todos os elementos da estrada. O processo de locação calcula todos os elementos necessários para projeção em planta, como velocidade operacional, componentes da seção transversal da estrada, parâmetros da curva etc. (LIMA, 2004).

2.1.1 Características geométricas das estradas

As características técnicas fundamentais para o levantamento do projeto é a classe da via e o tipo de região em que se encontra (CARVALHO *et al.*, 1997). As rodovias são divididas em classes de 0 a IV, classificadas com os parâmetros do Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de projeto e critérios de classificação técnica

Classes de projeto	Características	Critérios de classificação técnica (*)
0	Via Expressa – Controle total de acesso	Decisão administrativa
IA IB	Pista Dupla – Controle parcial de acesso	Quando os valores de tráfego previstos ocasionaram níveis de serviço em uma rodovia de pista simples inferiores aos aceitáveis.
	Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 - 700
IVA IVB	Pista simples	Volume médio diário (abertura) VMD 50 - 200
	Pista simples	Volume médio diário (abertura) VMD < 50

(*) Critérios preliminares

Fonte: DNER (1999, p.160). Adaptado pelos autores, 2018.

2.2 ELEMENTOS BÁSICOS PARA PROJETO

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004), definições incorretas da velocidade de projeto e distâncias de visibilidade da estrada acarretam ineficiências de operação da estrada, além de acidentes.

2.2.1 Velocidade de projeto

Velocidade de projeto “é a maior velocidade que um veículo-padrão pode desenvolver, em um trecho de estrada, em condições normais, com segurança” (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004, p. 16). Também conhecida como velocidade diretriz, é o principal parâmetro a ser considerado para definição de todos os outros elementos do projeto. É estabelecida conforme a classificação da via e o tipo de relevo do terreno que receberá a estrada (ANTAS *et al.*, 2010).

2.2.2 Distâncias de visibilidade

Segundo Pimenta e Oliveira (2004), distância de visibilidade é todo trecho da via visto pelo motorista; garante segurança ao motorista. Toda estrada deve possuir a distância mínima de visibilidade de frenagem ou parada (Df), que oferece a distância mínima para o veículo que percorre a via parar com segurança, antes de se chocar com outro veículo ou obstáculo à sua frente. Deve possuir também no projeto a distância de visibilidade de ultrapassagem (Du), que garante um comprimento na via suficiente para o motorista ultrapassar outro veículo mais lento, com segurança.

2.2.3 Superelevação

A superelevação é estabelecida como sendo “[...] a inclinação transversal da pista, feita com o objetivo de criar uma componente do peso do veículo na direção do centro da curva que, somada à força de atrito, produzirá a força centrípeta” (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004, p. 69). Para o DNER (1999), a superelevação pode ser expressa como sendo a diferença de nível entre os dois bordos da pista, é expressa em porcentagem, com um valor mínimo de declividade horizontal de 2%, favorecendo a drenagem da pista.

2.2.4 Raio mínimo

Conforme Pontes Filho (1998), um veículo, ao adentrar em um percurso circular, sofre uma força centrífuga, que tende a jogá-lo para fora da pista. Para que esse fenômeno não aconteça, tal força deve ser anulada, pela força peso do veículo, pelo o atrito lateral entre o pneu e o pavimento da via, além da superelevação da curva.

Considerando uma superelevação máxima e fator de atrito máximo entre o pneu e a pista, para uma dada velocidade, obtém-se um raio mínimo para a curva, capaz de oferecer ao motorista uma condição de segurança e conforto em sua viagem. A Equação (1) relaciona todas essas variáveis, originando um raio mínimo para uma curva horizontal (PONTES FILHO, 1998).

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 (e_{max} + f_{max})} \quad (1)$$

Onde:

R= raio mínimo (m);

V = velocidade diretriz (Km/h);

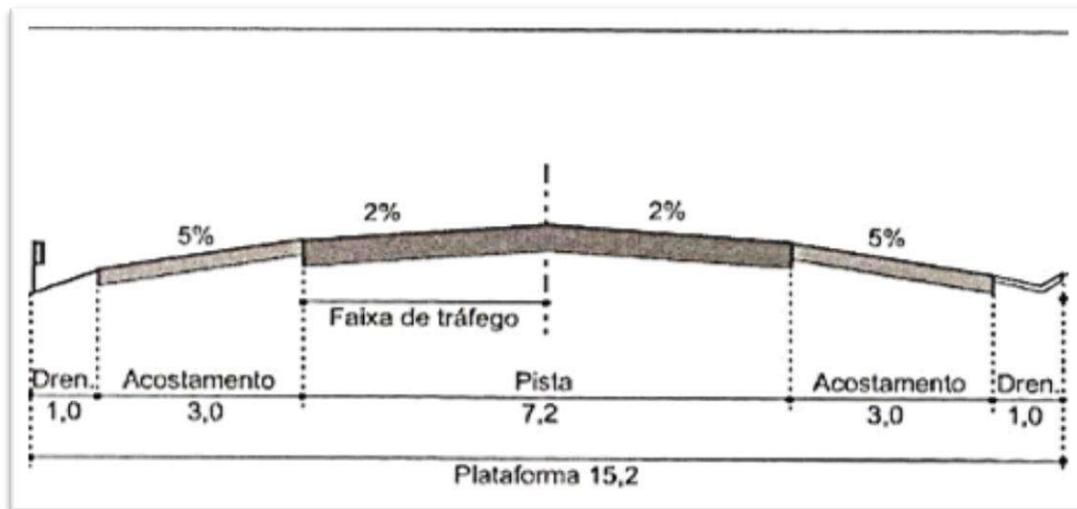
e_{max} = máxima taxa de superelevação adotada (m/m);

f_{max} = máximo coeficiente de atrito transversal admissível entre o pneu e o pavimento (admissional).

2.3 COMPONENTES PRINCIPAIS DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE UMA ESTRADA

Segundo Lima (2004), uma estrada é dividida ao meio pelo seu eixo. Partindo do seu eixo ao bordo externo, encontra-se respectivamente a faixa de tráfego ou faixa de rolamento, acostamento e a sarjeta.

A Figura 1 exemplifica todos esses elementos da seção transversal de uma pista simples.

Figura 1 – Seção transversal de uma pista simples

Fonte: PIMENTA; OLIVEIRA. (2004, p. 13). Adaptado pelos autores

2.3.1 Faixa de tráfego

A faixa de tráfego é o local designado à passagem de um veículo de cada vez. Sua dimensão é obtida conforme a largura máxima do veículo que irá trafegar na via, mais uma faixa de segurança, além da velocidade de operação permitida (LIMA, 2004). Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNIT) (1973), a faixa de tráfego pode ser aferida conforme o tipo de relevo e classe da rodovia, em uma tabela disponível na Norma para Projeto de Estradas de Rodagem do DNIT.

2.3.2 Acostamentos

Acostamento é um local exclusivo para parada com urgência de veículo, evitando congestionamentos e acidentes. Além de contribuir com a drenagem da faixa de rolamento, condiciona melhor visibilidade em curvas horizontais (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.3.3 Sarjetas

As sarjetas têm como função conduzir as águas que se precipitam sobre a superfície da estrada e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo. O projeto de drenagem é responsável por dimensionar detalhadamente seu formato e tamanho, porém sua seção não deve ser muito profunda e o seu encontro com o acostamento deve ser de forma suave, evitando que veículos caiam na sarjeta e tenham suas rodas laterais presas (ANTAS *et al.*, 2010).

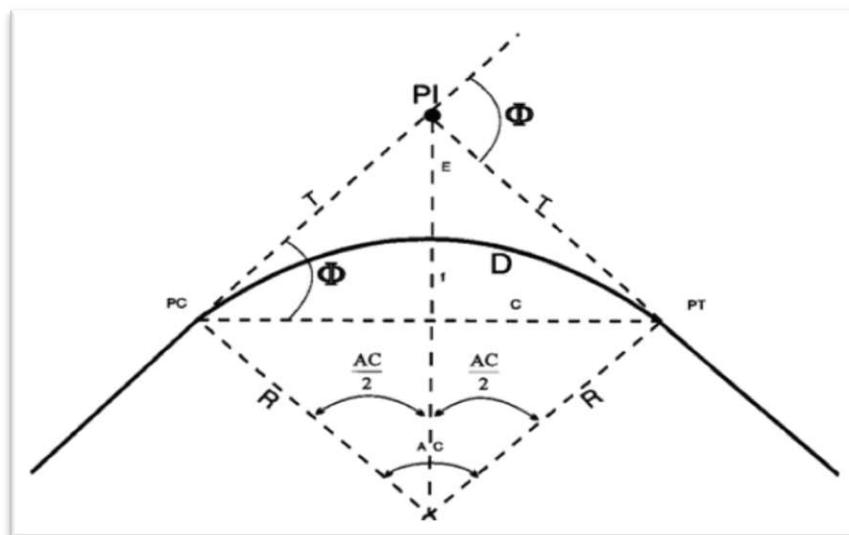
2.4 ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS DA ESTRADA

Os elementos planimétricos de uma estrada são constituídos de segmentos retos, tecnicamente conhecidos por *tangentes*. Quando necessitam mudar de direção, são concordados por *curvas horizontais*, divididas em: arco de círculo ou curva simples, quando dois alinhamentos são combinados diretamente; curva composta sem transição e com transição, respectivamente formada por dois ou mais arcos de círculos de raios diferentes, e a outra, com uma espiral, que liga a tangente ao arco (CARVALHO *et al.*, 1997).

2.4.1 Curva horizontal simples

Uma curva é locada em obra utilizando estacas de madeira, cravadas em determinados pontos, previamente estabelecido em projeto. Assim como define a Figura 2, o ponto em que se começa a curva, ou seja, onde termina a tangente, é chamado de ponto de curva (PC); já o ponto em que se termina a curva e começa a próxima tangente, é conhecido como ponto de tangência (PT).

Figura 2 – Curva horizontal simples



Fonte: DNER, 1996, p. 96.

2.4.2 Curva horizontal de transição

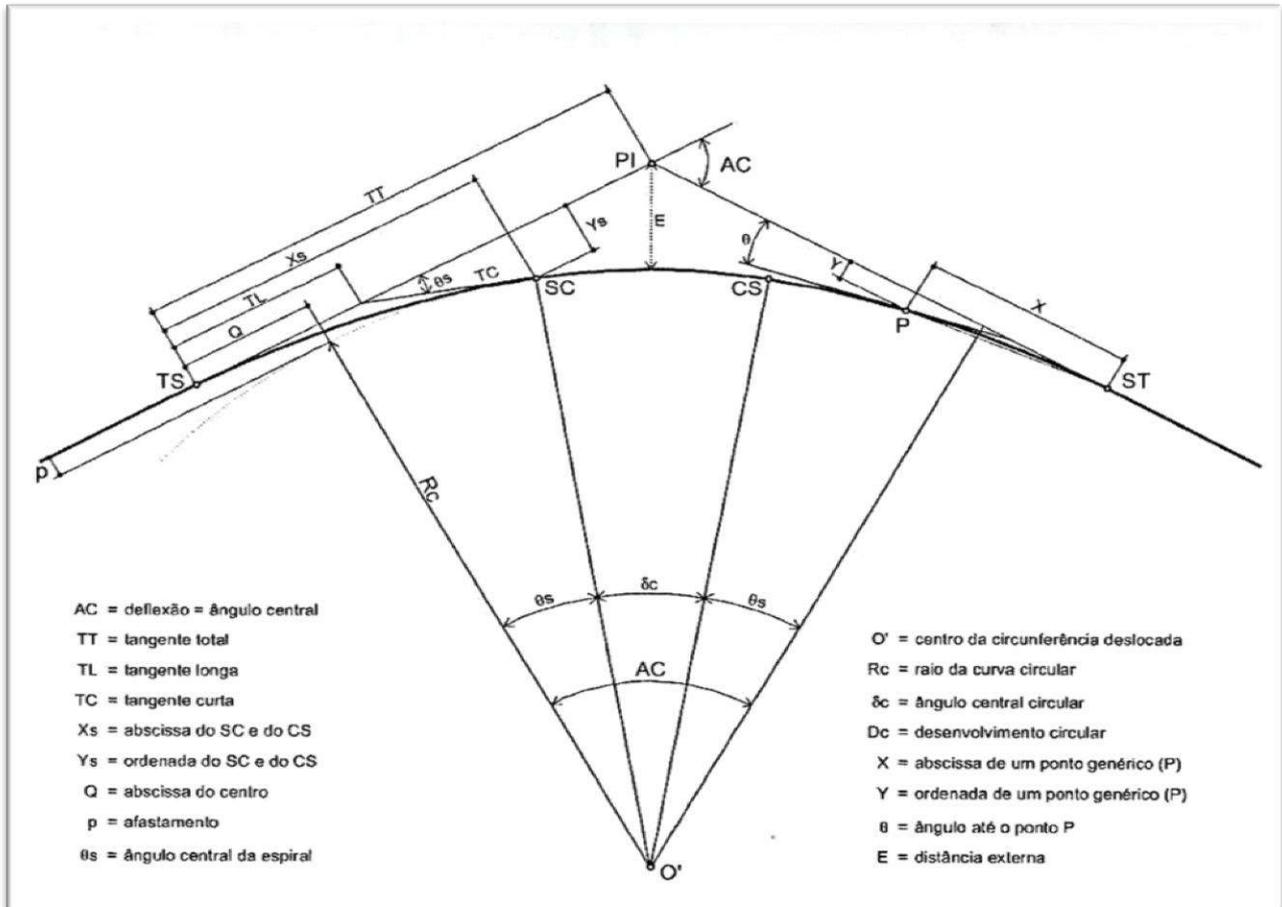
Quando um condutor necessita girar o volante com um grau maior, para realizar uma curva, sem que o carro desvie de sua trajetória, entende-se que aquele raio da curva é considerado pequeno, por isso a titulam de curva fechada. Diante da situação, torna-se necessário dispor-se de outra curva de transição, a fim de suavizar o trecho de encontro do PC e o PT, (LIMA, 2004).

O PT se torna o ponto tangente espiral (TS), onde se inicia a curva de transição e vai até o ponto espiral-curva circular (SC), local onde se começa a curva circular simples, prosseguindo até o ponto curva circular-espiral (CS), posição em que se

termina a curva circular simples e começa novamente a curva de transição até o seu ponto final, chamado de ponto espiral-tangente (ST) (LIMA, 2004).

A Figura 3 demonstra a posição de cada ponto necessário para formar a curva de transição.

Figura 3 – Curva Horizontal com Transição



Fonte: PIMENTA; OLIVEIRA, 2004, p. 46. Adaptado pelos autores.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento e gerenciamento do software, primeiramente foi construída uma planilha programada no *software* Excel, composta por todas as características essenciais para calcular o tipo de rodovia e os elementos bases para dimensionamento de uma curva. Posteriormente, todas as fórmulas presentes no Excel foram convertidas para a linguagem *JavaScript* e as introduzindo na aplicação híbrida, desenvolvida através da plataforma *Ionic*, sendo utilizado o processo *Scrum* de metodologia ágil. Essa abordagem propõe o desenvolvimento do *software* de maneira iterativa e incremental, dividindo assim o projeto em um conjunto de atividades que foram executadas até a entrega final.

De acordo com os princípios da metodologia, o trabalho foi dividido em ciclos iterativos para o melhor desenvolvimento do projeto. Cada ciclo foi gerenciado de acordo com as atividades definidas por meio da metodologia *Kanban*.

Considerando o desenvolvimento do aplicativo, foram aplicadas técnicas de levantamento e análise de requisitos, implementação em uma linguagem e ambiente de programação e aplicação de testes para validação da aplicação. Dessa forma, as seguintes ferramentas foram utilizadas no desenvolvimento do projeto:

- Smartphone com Android: dispositivo para teste da aplicação.
- Microsoft Excel: para estruturação e criação das fórmulas e organização dos elementos constituintes das curvas.
- Ionic: biblioteca *open source* para criação de toda parte *front-end* da aplicação.
- Visual Studio Code: IDE (*Integrated Development Environment*) usada para a codificação do projeto.
- Microsoft Word: software para processamento e edição de arquivos de texto.
- NodeJS: Biblioteca *open source* para criação de toda parte *back-end* da aplicação.
- Bloco de Notas Software para edição das fórmulas copiadas do *Excel*.

4 RESULTADOS

O primeiro passo realizado para confecção do aplicativo foi a inserção de todas as características técnicas (Figura 4), além de todas as fórmulas equacionais e condicionantes que determinam os seguintes parâmetros das curvas horizontais simples e de transição:

- velocidades de projeto ou diretriz da rodovia, conforme mostra a Figura 5;
- raio mínimo e máximo da curva representado na Figura 6;
- distâncias mínimas de frenagem e ultrapassagem;
- afastamento horizontal mínimo da curva;
- largura da faixa de rolamento, acostamento e drenagem.

Figura 4 – Características técnicas para dimensionamento dos elementos rodoviários

5	Tipo de Inclinação	Velocidade para ultrapassagem	Tipo de de Distância de Parada
6	Ascendente	100	Recomendada
7	Descendente	90	Excepcional
8		80	
9	Tipo de Relevô	70	Tipo de pista
10	Plano	60	Simple
11	Ondulado	50	Dupla
12	Montanhoso		Simple e Dupla
13	-	Estaca Conhecida	
14	Classe de Projeto	Estaca de Interseção	Estaca de Interseção
15	0	Estaca Inicial	Estaca Inicial
16	1	Estaca Final	Estaca Final
17	2		
18	3		
19	4		
20	-		
21	Área Urbanizada	Intensa Ocupação do Solo	emáx
22	Sim	Sim	10%:rodoviasdeclasse0el,emregiõesplanaseondulada s. 0,1
23	Não	Não	8%:rodovias classe I em regiões montanhosaserodoviascomdemaisclassesdeprojeto. 0,08
24			6%:áreasurbanizadaseemtrechosujeitosareduçãode velocidade. 0,06
25			4%:situaçõescomintensaocupaçãodosoadjacente 0,04

Fonte: Print screen do software Excel, 2018.

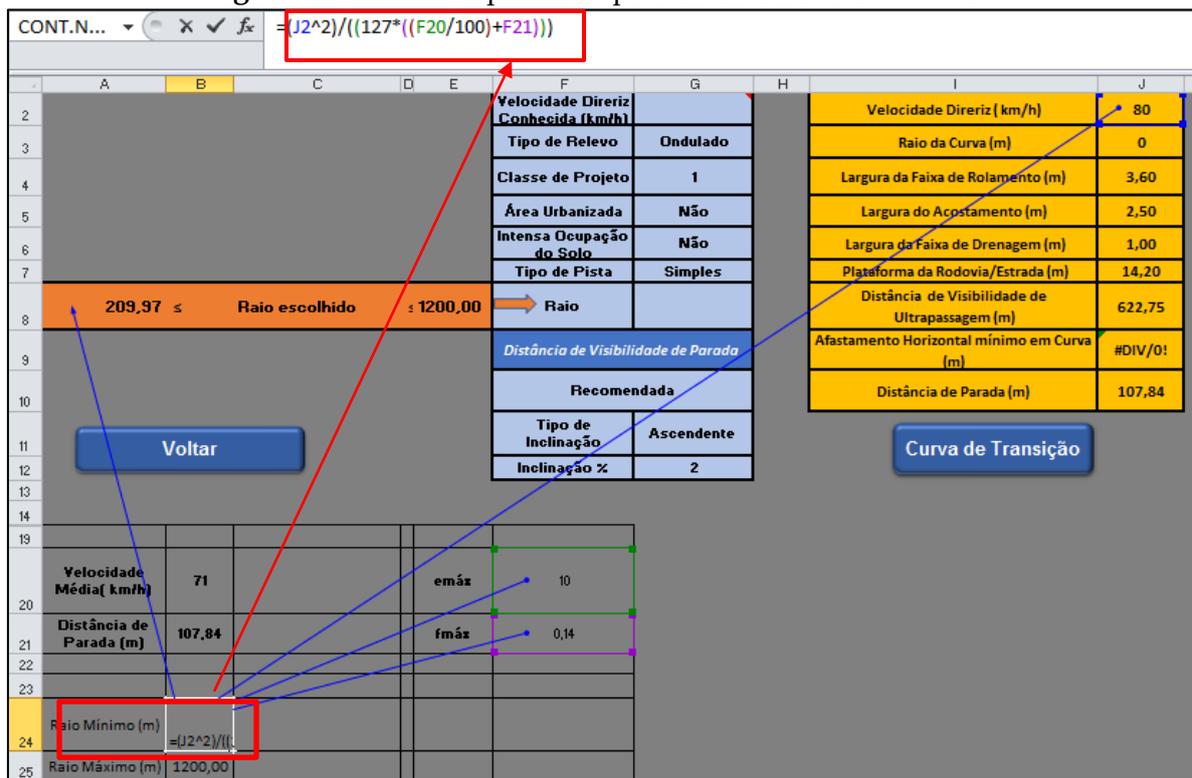
Figura 5 – Fórmula condicionante para determinação da velocidade diretriz

.. =SE(G2="";SE(E(G3="Plano";G4=0);120;SE(E(G3="Ondulado";G4=0);100;SE(E(G3="Montanhoso";G4=0);80;SE(E(G3="Plano";G4=1);100;SE(E(G3="Ondulado";G4=1);80;SE(E(G3="Montanhoso";G4=1);60;SE(E(G3="Plano";G4=2);100;SE(E(G3="Ondulado";G4=2);70;SE(E(G3="Montanhoso";G4=2);50;SE(E(G3="Plano";G4=3);80;SE(E(G3="Ondulado";G4=3);60;SE(E(G3="Montanhoso";G4=3);40;SE(E(G3="Plano";G4=4);70;SE(E(G3="Ondulado";G4=4);50;SE(E(G3="Montanhoso";G4=4);40)))))))));G2)

Dados do Projeto		Parâmetros do Projeto	
Velocidade Diretriz Conhecida (km/h)		Velocidade Diretriz (km/h)	=SE(G2="";S
Tipo de Relevô	Ondulado	Raio da Curva (m)	0
Classe de Projeto	1	Largura da Faixa de Rolamento (m)	3,60
Área Urbanizada	Não	Largura do Acostamento (m)	2,50
Intensa Ocupação do Solo	Não	Largura da Faixa de Drenagem (m)	1,00
Tipo de Pista	Simple	Plataforma da Rodovia/Estrada (m)	14,20
209,97 ≤ Raio escolhido ≤ 1200,00 → Raio		Distância de Visibilidade de Ultrapassagem (m)	622,75
Distância de Visibilidade de Parada		Afastamento Horizontal mínimo em Curva (m)	#DIV/0!
Recomendada		Distância de Parada (m)	107,84

Fonte: Print screen do software Excel. 2018.

Figura 6 – Fórmula equacional para cálculo do raio mínimo



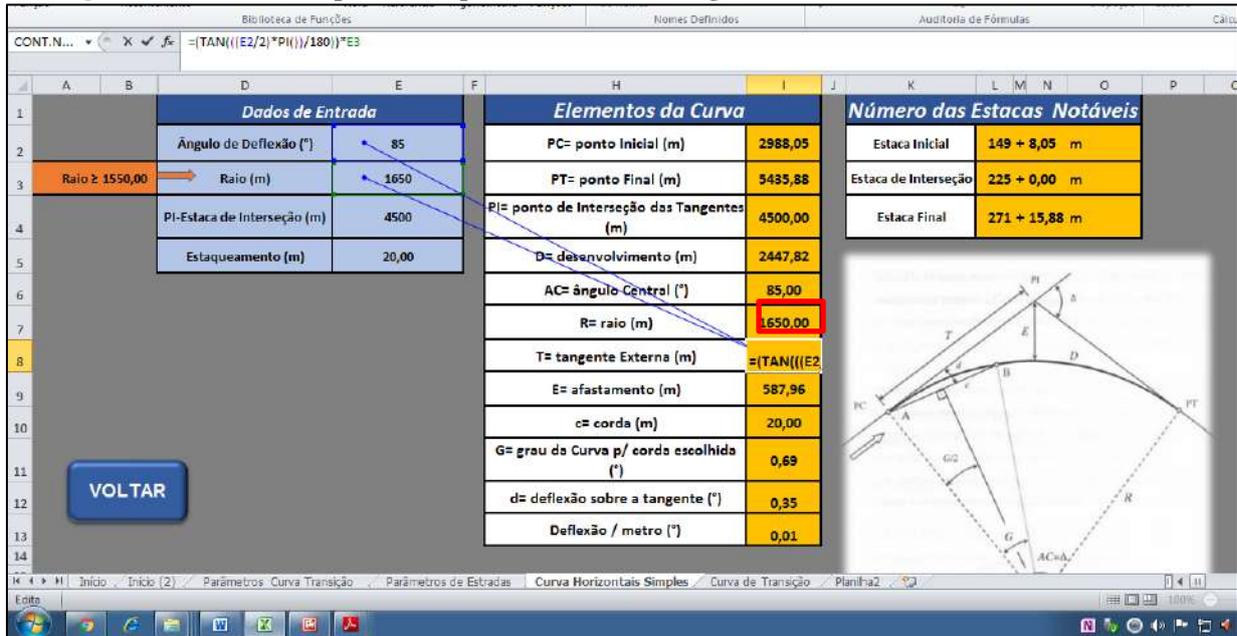
Fonte: Print screen do software Excel, 2018.

Por fim, foram inseridos, em uma nova aba da planilha, os elementos constituintes das curvas simples e de transição, além do número de cada estaca notável necessária para locar a curva. Esses elementos são calculados após serem informados os valores do raio da curva, ângulo de deflexão formado pela concordância das duas retas onde será projetada a curva, e a medida em metros da estaca PI. Todos esses dados podem ser retirados do projeto topográfico planialtimétrico da rodovia.

A Figura 7 mostra a fórmula de um desses elementos, a tangente externa da curva, cuja função é representar a distância em metros da interseção das retas até o início da curva.

Após a formulação dos dados no *software Excel*, realizou-se a conversão das fórmulas para a linguagem JavaScript. A Figura 8 mostra a conversão da fórmula condicionante, utilizada para cálculo da velocidade diretriz, inserida anteriormente no *software Excel*, como mostrou a Figura 5. Em seguida, essas fórmulas foram inseridas no *software Ionic* para construção do aplicativo híbrido, para geração dos códigos das plataformas IOS e Android.

Figura 7 – Fórmula equacional para cálculo da tangente externa da curva de transição



Fonte: Print screen do software Excel, 2018.

Figura 8 – Conversão da fórmula de escolha da velocidade diretriz

```

planilhaAPP1.txt - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
Parâmetros Curva Transição
////////////////////////////////////
-----
Velocidade Diretriz Conhecida

G2 = [INPUT] Velocidade Diretriz Conhecida (km/h)
G3 = [INPUT] Tipo de Relevo
G4 = [INPUT] Classe de Projeto

if ( G2 == "" ) {
  if( G3 == "Plano" && G4 == 0){
    velDiretriz = 120;
  }

  if( G3 == "Ondulado" && G4 == 0){
    velDiretriz = 100;
  }

  if( G3 == "Montanhoso" && G4 == 0){
    velDiretriz = 80;
  }

  if( G3 == "Plano" && G4 == 1){
    velDiretriz = 100;
  }

  if( G3 == "Ondulado" && G4 == 1){
    velDiretriz = 80;
  }

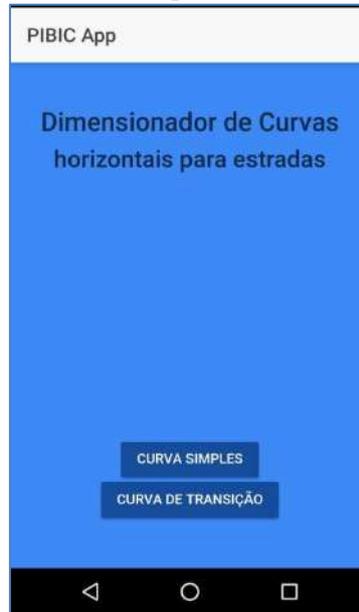
  if( G3 == "Montanhoso" && G4 == 1){
    velDiretriz = 60;
  }

  if( G3 == "Plano" && G4 == 2){
    velDiretriz = 100;
  }
}
    
```

Fonte: Print screen do software Bloco de Notas, 2018.

Além das conversões que foram realizadas nas fórmulas, foi criado um protótipo da interface do aplicativo, bem como das telas de inserção de dados e resultados para geração das curvas. Após a realização dos testes no protótipo, foi gerado o aplicativo. A Figura 9 demonstra como é a janela para escolha do tipo de curva a ser calculada

Figura 9 – Tela para escolha do tipo de curva simples ou de transição



Fonte: Print screen do aplicativo no smartphone, 2018.

Após a definição do tipo de curva a ser calculada, o usuário é direcionado para a segunda tela do aplicativo, como mostra a Figura 10, onde são preenchidos os dados do projeto como tipo de relevo, classe do projeto, tipo de pista, além de dados para o cálculo da distância de visibilidade de parada.

Figura 10 – Tela para inserção dos dados do projeto



Fonte: Print screen do aplicativo no smartphone, 2018.

Após a inserção dos dados de projeto, ao selecionar a opção parâmetros de projeto, eles são disponibilizados ao usuário conforme mostra a Figura 11. Para o cálculo da curva, basta clicar na opção dados da curva. Ao ser redirecionado para a próxima tela (Figura 12), o usuário deve inserir o ângulo de deflexão do traçado da estrada, definir qual o valor do raio respeitando os valores mínimos estabelecidos pelo próprio aplicativo, a distância em metros que se encontra à estaca de interseção e o intervalo que será o estaqueamento.

Figura 11 – Tela de apresentação dos parâmetros da estrada

Parâmetros do Projeto	
Velocidade Diretriz (km/h)	80
Raio da Curva (m)	450
Largura da Faixa de Rolamento (m)	3,6
Largura do Acostamento (m)	3
Largura da Faixa de Drenagem (m)	1
Plataforma da Rodovia/Estrada (m)	15,2
Distância de Visibilidade de Ultrapassagem (m)	560,00
Afastamento Horizontal mínimo em Curva (m)	2,95
Distância de Parada (m)	103,13

Fonte: Print screen do aplicativo no smartphone, 2018.

Figura 12 – Tela para inserção dos dados da curva

Parâmetro	Valor
Ângulo de Deflexão (°)	85
Raio (m)	1200
PI-Estaca de Interseção (m)	6000
Estaqueamento (m)	20

Fonte: Print screen do aplicativo no smartphone, 2018.

Feito o preenchimento dos dados da curva, basta clicar a opção calcular, para que todos os elementos finais da curva sejam disponibilizados na tela, conforme mostra a Figura 13. Logo abaixo dos elementos, são expostos os números das estacas referentes ao início e ao fim da curva.

Figura 13 – Tela de apresentação dos elementos finais da curva



Fonte: Print screen do aplicativo no smartphone, 2018.

O modo de funcionamento para cálculo das curvas com transição no aplicativo obedece aos mesmos parâmetros realizados para calcular as curvas simples.

5 CONCLUSÃO

Todo o esboço do aplicativo foi concluído no *software* Excel; assim, obtiveram-se as sequências de cálculos e inserção de dados de uma maneira simples e clara. Após essa estruturação, foram feitas as conversões das fórmulas em linguagem do Excel para linguagem Java Script e, em seguida, inseridas no *software* Ionic para construção do aplicativo.

O aplicativo consegue realizar todos os cálculos necessários para a locação das curvas horizontais simples e de transição, exibindo para o profissional projetista, de forma rápida e dinâmica, o número das estacas notáveis de início e fim das curvas simples e, para as curvas de transição, as estacas de início e fim da transição e de sua curva simples. Além de tudo isso, serve como ferramenta para consulta acadêmica de estudantes que buscam uma forma de conferir os trabalhos repassados em sala de aula.

REFERÊNCIAS

ANTAS, Paulo Mendes *et al.* **Estradas**: projeto geométrico e de terraplanagem. Rio de Janeiro: Interciência Ltda., 2010.

CARVALHO, Carlos Alexandre Braz de *et al.* **Estradas – Projeto**: introdução, concordância horizontal, superelevação e superlargura. Viçosa: UFV, 1997.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2014**: relatório gerencial. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2017. 403 p. Disponível em:
<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>. Acesso em: 23 fev. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **IPR 706/20**: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Rio de Janeiro: IPR, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Normas para o projeto das estradas de rodagem** – Rio de Janeiro, 1973. Disponível em:
<http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/faixa-de-dominio/normas-projeto-estr-rod-reeditado-1973.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de veículos**. 2017. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/610-frota-2017>. Acesso em: 23 fev. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Histórico do rodoviarismo**. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/historico/>. Acesso em: 02 mar. 2018.

FGV. **28ª Pesquisa anual do uso do TI, 2017**: Tecnologia de Informação. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2017. Disponível em:
<http://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/pesti2017gvciappt.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2018.

LIMA, Milton L. P.. **Apostila Projeto de Estradas**: notas de aula. Rio Grande do Sul: FURG, 2004.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P.. **Projeto geométrico de rodovias**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004.

PONTES FILHO, Glauco. **Estradas de rodagem**: projeto geométrico. São Carlos: Bidim, 1998.

Associação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada no estabelecimento da *Brachiaria brizantha*

Mixture of Azospirillum brasilense and nitrogen fertilization on Brachiaria brizantha association

Rogério Amorim dos Reis

Graduado em Zootecnia (UNIPAM). Mestrando em Fisiologia da Produção Animal (UFV).

E-mail: rogerio_amorim20@hotmail.com

Larissa de Melo Coelho

Graduada em Zootecnia (UNIPAM). Mestranda em Zootecnia (UNESP).

E-mail: larymelo39@hotmail.com

Hélio Henrique Vilela

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: heliohv@unipam.edu.br

Resumo: O uso de bactérias diazotróficas (fixadoras biológicas de nitrogênio) é uma alternativa que pode reduzir a adubação nitrogenada nas culturas, pois produzem hormônios estimulantes ao crescimento vegetal. Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da associação ou não de *Azospirillum brasilense* com adubação nitrogenada no estabelecimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Para isso, utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro tratamentos, em esquema fatorial 2 x 2, sendo um fator a inoculação ou não das sementes com *A. brasilense* e o outro o uso ou não de 50 kg/ha de nitrogênio (N) na adubação de cobertura, com cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey a 5%. A inoculação das sementes em associação à adubação de cobertura foi responsável por promover alterações no comprimento de colmo, produção de matéria seca da parte aérea e densidade populacional de perfilhos da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Palavras-chave: Capim-marandu. Diazotróficas. Forrageiras. Nitrogênio.

Abstract: The use of diazotrophic bacteria (biological nitrogen-fixing) is an alternative that can reduce nitrogen fertilization on crops because they produce hormones stimulating the plant growth. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of the association or not of *Azospirillum brasilense* with nitrogen fertilization on the establishment of *Brachiaria brizantha* cv. For this, we used the completely randomized design (CRD), with four treatments, in 2 x 2 factorial scheme, being a factor or not seed inoculation with *A. brasilense* and the other, the use or not of 50 kg/ha of nitrogen (N) coverage fertilization, with five repetitions. Data were subjected to variance analysis and compared to Tukey test at 5%. Seed inoculation in association with coverage fertilization was responsible for promoting changes in stem length, dry matter production of aerial part and tiller population density of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Keywords: Marandu-grass. Diazotrophic. Forages. Nitrogen.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, diversas alterações no meio ambiente têm ocorrido devido à degradação ambiental. Dentro deste contexto, as florestas vêm sendo alvo de desmatamento para a venda de madeira e para substituição por áreas de cultivo ou pastagens, o que tem comprometido a fertilidade dos solos (FARIA, 2002). Essa perda da fertilidade do solo faz com que ocorra redução da matéria orgânica, afetando a atividade biológica e o suprimento de nutrientes às plantas, como fósforo, enxofre e, principalmente, nitrogênio, acarretando menor produtividade (FRANCO *et al.*, 1992), uma vez que a deficiência de N compromete os processos de crescimento e reprodução das plantas (CAZETTA *et al.*, 2007) mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000), impossibilitando-a de se recuperar posteriormente.

O uso de fertilizantes nitrogenados representa importante ferramenta na intensificação dos modelos de produção animal em pasto, uma vez que o N é de fundamental importância na fisiologia da planta, funcionando como modulador, regulador e acelerador do crescimento, condições que podem resultar em aumentos de produção e melhoria da qualidade da forragem produzida (ANDRADE *et al.*, 2000; FAGUNDES *et al.*, 2005).

No entanto, apesar de sua grande importância na produção das pastagens, a aplicação de N é uma prática que tende a elevar os custos de produção, tanto de implantação quanto de manutenção. Além disso, parte do N introduzido no sistema de produção agrícola é frequentemente perdida, o que reduz a eficiência de sua utilização (PRIMAVESI *et al.*, 2004).

Portanto, os custos econômicos e ambientais relacionados à fertilização nitrogenada têm estimulado a busca por alternativas que possam diminuir a utilização desse fertilizante sem que ocorra redução no rendimento das culturas. Uma das possibilidades para viabilizar maior rendimento e diminuir custos sem prejudicar o ambiente é a utilização do potencial genético das plantas aliado aos recursos biológicos do solo, a exemplo das bactérias diazotróficas, que podem fixar N para a planta e produzir hormônios que estimulam o crescimento vegetal (DOBBELAERE *et al.* 2002; BASHAN *et al.* 2004).

As bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*, além de fixarem N, auxiliam no aumento da biomassa e altura das plantas e, conseqüentemente, no acúmulo de matéria seca, aceleram a taxa de germinação e trazem benefícios ao sistema radicular, proporcionando, por conseguinte, aumento na produtividade final de algumas culturas (DALLA SANTA *et al.*, 2004; HUNGRIA *et al.*, 2010; VOGEL *et al.*, 2013), uma vez que essas bactérias auxiliam também na produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberelina e atuam como agentes de controle biológico de patógenos (CORREA *et al.*, 2008).

Sendo assim, objetivou-se avaliar os efeitos da associação ou não de *Azospirillum brasilense* com a adubação nitrogenada em cobertura, durante o estabelecimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, no período de 30 de abril a 07 de agosto de 2018, totalizando 100 dias. Para montagem do experimento, utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC, em esquema fatorial 2 x 2, totalizando quatro tratamentos: SN – SA (sem adubação de cobertura e sem inoculação das sementes de capim-marandu com *Azospirillum*), SN – 0,05g A (sem adubação de cobertura e inoculação das sementes de capim-marandu com 0,05 g de *Azospirillum*), 50 kg/ha de N – SA (adubação de cobertura com 50 kg/ha de N e sem inoculação das sementes com *Azospirillum*) e 50 kg/ha de N – 0,05g A (adubação de cobertura com 50 kg/ha de N e inoculação das sementes com 0,05 g de *Azospirillum*), sendo a quantidade utilizada de *Azospirillum* aquela recomendada pelo fabricante.

Para cada tratamento, foram utilizadas cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais, as quais foram constituídas por baldes plásticos com capacidade para cinco dm³, os quais foram preenchidos com o mesmo tipo de solo.

Para a semeadura, foram separadas 50 sementes por unidade experimental; para os tratamentos que envolviam inoculação, as sementes receberam a dose estipulada do inoculante contendo *Azospirillum brasilense*, permanecendo fechadas em sacos plásticos durante cinco dias, antes da semeadura.

Anteriormente à realização do experimento, o solo utilizado foi amostrado para determinação das suas características químicas de fertilidade (tabela 1), sendo esta realizada no laboratório Central de Análise de Fertilidade do Solo – CeFert do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.

Em função dos resultados obtidos por meio da análise realizada, não foram necessárias correções/adubações no solo para que fosse realizada a semeadura da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Tabela 1 - Análise química de fertilidade do solo

Análise	Valor
pH água	5,47
M.O.	4,64dag kg ⁻¹
P-rem	5,59 mg L ⁻¹
P-meh	2,43 mg dm ⁻³
K ⁺	177,25 mg dm ⁻³
Ca ²⁺	2,00 cmol _c dm ⁻³
Mg ²⁺	1,30 cmol _c dm ⁻³
Al ³⁺	0,09 cmol _c dm ⁻³
H + AL	4,0 cmol _c dm ⁻³
SB	3,75 cmol _c dm ⁻³
t	3,84 cmol _c dm ⁻³
T	7,75 cmol _c dm ⁻³
V	48,41%
M	2,34%

SB = Soma de Bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. de bases / m = Sat. por alumínio; P, K = [Mehlich - 1, HCl 0,05mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹], S-SO₄²⁻ = [Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹; Ca, Mg, Al = [KCl 1 mol L⁻¹]; H + Al = [Solução Tampão - SMP a pH 7,5]; M.O. = Método Titulométrico.

Decorrido esse período, a semeadura foi realizada em sulcos abertos no solo contido nos baldes, a uma profundidade aproximada de dois cm; logo após, todos os baldes foram irrigados, manejo que também foi adotado, três vezes na semana, durante todo o período experimental. A adubação nitrogenada, presente em dois tratamentos, foi realizada utilizando-se como fonte de nitrogênio o sulfato de amônio na base de 50 kg/ha de N, o que corresponde a 125 mg/vaso do fertilizante utilizado. A adubação foi dividida em duas aplicações, com intervalos de 15 dias entre elas, sendo a primeira realizada aos 45 dias após a semeadura.

Ao final do período experimental, foram avaliadas as seguintes variáveis:

- massa seca de raízes: por meio da lavagem de todo o sistema radicular das plantas presentes em cada balde e, posteriormente, secagem em estufa a 60°C;
- densidade populacional de perfilhos: por meio da contagem dos perfilhos vivos em cada balde;
- altura de planta e comprimento de colmo: medindo-se a altura da planta desde sua base até a ponta da folha mais alta e medindo-se o colmo desde a base da planta até a inserção (lígula) da última folha expandida, em três perfilhos tomados aleatoriamente, em cada balde;
- comprimento da última folha expandida: por meio da mensuração do comprimento da última folha expandida, em três perfilhos tomados aleatoriamente em cada balde;
- relação folha/colmo: por meio da pesagem separada de todas as folhas e colmos de cada um dos perfilhos tomados para análise e, posteriormente, dividindo-se o peso das folhas pelo peso de colmos;

- número de folhas vivas e número de folhas mortas: por meio da contagem do número de folhas vivas e mortas em três perfilhos tomados aleatoriamente, em cada balde;
- produção de matéria seca: por meio da colheita da parte aérea das plantas e secagem em estufa a 60°C.

Para as análises de produção de matéria seca e massa seca das raízes, as amostras foram conduzidas para o Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.

Os dados obtidos foram tabulados, submetidos à análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey adotando-se 5% como nível de significância, utilizando-se o software Sistema de Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A massa seca das raízes não foi influenciada pelos tratamentos ($P>0,05$) e apresentaram valores variando entre 13,92 g e 15,87 g (tabela 2).

Tabela 2 – Massa seca de raízes da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	15,10	15,87	15,49
Sem	14,56	13,92	14,24
Médias	14,83	14,89	14,86

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

No entanto, Okon e Vanderleyden (1997) defendem que a inoculação com *Azospirillum* spp. faz com que a morfologia do sistema radicular das plantas seja alterada, fazendo com que ocorra uma maior produção de raízes devido ao aumento de radicelas e do diâmetro médio das raízes laterais. Embora não tenha apresentado efeito estatístico, a massa seca de raízes, associada ou não com a adubação nitrogenada, apresentou maiores valores quando comparada à massa seca de raízes nos tratamentos em que não houve inoculação, o que, de certa forma, poderia estar de acordo com as mudanças morfológicas sugeridas pelos autores citados.

A altura de plantas variou entre 76,93 cm e 80,66 cm, não havendo efeito significativo ($P>0,05$) nos tratamentos (tabela 3), corroborando os resultados descritos por Cunha *et al.* (2014) em trabalhos realizados com a inoculação de sementes de milho. Porém, embora sem efeito estatístico, nota-se que a altura de plantas foi ligeiramente superior nas plantas cujas sementes foram inoculadas com *Azospirillum*.

Tabela 3 – Altura de plantas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	80,66	79,79	80,22
Sem	78,22	76,93	77,57
Médias	79,44	78,36	78,9

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Werner (1986) e Monteiro *et al.* (1995) descrevem que o N exerce importante influência sobre a altura da planta, no entanto tais resultados não foram encontrados nesse trabalho.

O potencial de resposta da forrageira à adubação nitrogenada é um importante fator para a escolha de cultivares para produção em sistemas intensivos e, segundo Lazzarini Neto (2000), as gramíneas tropicais respondem intensamente a doses crescentes de nitrogênio. Era de se esperar que a altura de plantas fosse maior onde houve adubação nitrogenada, no entanto as alturas foram iguais, o que pode estar relacionado ao fato de ser uma adubação considerada modesta e apenas no momento inicial de desenvolvimento da planta.

Para o comprimento de colmo, observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para a inoculação com *Azospirillum*, adubação nitrogenada e interação inoculação x adubação, com valores que variaram entre 16,24 cm, no tratamento sem inoculação e com adubação nitrogenada, e 29,21 cm, no tratamento com inoculação e adubação nitrogenada (tabela 4).

O uso da inoculação pré-semeadura associado à adubação nitrogenada proporcionou um aumento de 79,9% no comprimento de colmo (de 16,24 cm para 29,21 cm) ao passo que a adubação nitrogenada, onde houve inoculação, aumentou em 47,38% a altura de colmo (de 19,82 cm para 29,21 cm).

Tabela 4 – Comprimento de colmo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	19,82 Ab	29,21 Aa	24,51 A
Sem	16,54 Aa	16,24 Ba	16,39 B
Médias	18,14 b	22,75 a	20,45

Médias seguidas por mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Werner (1986) e Santos (2000) apontam que esse maior desenvolvimento pode ser justificado pelo efeito do N no desenvolvimento da planta, sendo que, em condições de baixa disponibilidade desse nutriente, as plantas têm seu crescimento retardado, apresentando baixo porte, conforme observado, de forma geral, nos tratamentos sem adubação nitrogenada.

Em trabalhos realizados com *Brachiaria brizantha*, Monteiro *et al.* (1995) obtiveram resultados que se assemelham aos encontrados nesse trabalho, sendo observado maior limitação no desenvolvimento das plantas quanto à sua altura no tratamento onde não houve utilização de N.

Quanto à produção de matéria seca (MS), houve efeito significativo ($P < 0,05$) para a inoculação e interação inoculação x adubação nitrogenada (tabela 5), observando-se que, quando se faz adubação nitrogenada, a inoculação das sementes pré-plantio foi eficaz em aumentar a produção de MS em 10,44%.

Tabela 5 – Produção de matéria seca da parte aérea da *Bachiária brizantha* cv. Marandu em função do uso de *Azospirillum* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	34,31 Aa	35,55 Aa	34,93 A
Sem	34,40 Aa	32,19 Ba	33,29 B
Médias	34,35 a	33,87 a	34,11

Médias seguidas por mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Conforme descrito por Curá *et al.* (2005), os quais encontraram resultados semelhantes a esses em trabalhos realizados com plântulas de arroz, tal incremento pode ser justificado pela atuação benéfica do *Azospirillum* para as plantas, uma vez que esse agente é responsável pela liberação de fitormônios e pela fixação de N no solo, transformando-o em amônia, que é de mais fácil assimilação pela planta.

Resultados similares aos encontrados nesse trabalho também foram observados por Dartora *et al.* (2013) em estudos realizados com a cultura de trigo. Estes autores descrevem ainda que a adubação nitrogenada é responsável por favorecer o desenvolvimento das plantas, no entanto, conforme descrito por Bashan *et al.* (2004), vale ressaltar que doses muito altas de N podem prejudicar o efeito da interação planta - *Azospirillum*, uma vez que os efeitos da associação ocorrem mediante a soma de diversos fatores, entre eles o ambiente; logo, se todo o N necessário à planta é fornecido pelo ambiente, a associação fica comprometida.

Zagonel *et al.* (2002) e Silva *et al.* (2013) afirmaram que a adubação nitrogenada incrementa a produção de forragem. No entanto, ao observar apenas o efeito da adubação nitrogenada, não se observa aumento de produção, o que pode ser explicado em função da quantidade de N utilizada, a qual não foi suficiente para respostas significativas da planta.

A associação entre as doses de *Azospirillum* e adubação nitrogenada não influenciaram de maneira significativa ($P > 0,05$) o comprimento da última folha expandida (tabela 6).

Tabela 6 – Comprimento da última folha expandida da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	41,79	44,83	43,31
Sem	41,47	41,66	41,70
Médias	41,76	43,24	42,50

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Resultados diferentes foram encontrados por Wilman *et al.* (1977), os quais verificaram que a adubação nitrogenada é responsável por causar alterações no comprimento da lâmina foliar. Fischer *et al.* (2001) destacam ainda que essa variável, assim como a longevidade das folhas, é determinada geneticamente, podendo sofrer influência de diversas variáveis.

O número de folhas vivas também não foi influenciado ($P>0,05$) pelos tratamentos (tabela 7). Segundo Lemaire & Chapman (1996), o número de folhas vivas por perfilho, apesar de determinado geneticamente, pode variar com as condições de meio e de manejo da pastagem, o que não ocorreu na situação estudada.

Tabela 7 – Número de folhas vivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	3,86	4,08	3,97
Sem	3,86	4,06	3,96
Médias	3,86	4,07	3,97

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Os resultados encontrados divergem daqueles obtidos por Martuscello *et al.* (2005) e Paciullo *et al.* (2011), os quais concluíram que, para as espécies de *Brachiaria*, o aumento na disponibilidade de N proporciona aumento no número de folhas vivas. Lavres Jr. *et al.* (2004), em trabalhos realizados com *Panicum maximum* submetidos a doses de N em solução nutritiva, também concluíram que o número de folhas vivas foi influenciado em função do fornecimento desse nutriente.

A influência da adubação nitrogenada sobre o número de folhas encontrado pelos autores acima mencionados pode ter ocorrido em função da dosagem de nitrogênio utilizada, uma vez que a menor dosagem de nitrogênio empregada por Matuscello *et al.* (2005) e Paciullo *et al.* (2011) foram de 45 e 50 mg dm⁻³, respectivamente, sendo superiores à dosagem adotada para desenvolvimento do trabalho, a qual foi de 25 mg dm⁻³.

O número de folhas mortas não foi influenciado pelos tratamentos ($P>0,05$), apresentando resultados que variaram de 1,73 a 2,0 folhas mortas/perfilho por vaso, conforme resultados apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Número de folhas mortas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	2,00	2,00	2,00
Sem	1,73	1,73	1,73
Médias	1,86	1,86	1,86

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Marschner (1995) e Taiz e Zeiger (2004) destacam que a longevidade das folhas é modificada pela presença de N, no entanto os resultados encontrados demonstram que a ausência de adubação nitrogenada não foi responsável por elevar o número de folhas mortas/perfilho. Lemaire e Chapman (1996) ressaltam ainda que os processos de aparecimento e morte das folhas são sincronizados, mas podem variar conforme manejo da pastagem e condições ambientais.

Quanto à relação folha/colmo (tabela 9), não foram observados efeitos significativos dos tratamentos ($P>0,05$), no entanto os resultados são superiores ao nível crítico de 1:1, o qual foi relatado por Pinto *et al.* (1994).

Tabela 9 – Relação folha/colmo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	1,30	1,06	1,18
Sem	1,12	1,16	1,14
Médias	1,21	1,11	1,16

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Gramíneas que apresentam relação folha/colmo inferiores à relação de 1:1 podem ter sua qualidade comprometida, uma vez que apresentarão maior quantidade de colmo do que folhas. Conforme descrito por Wilson & t'Mannetje (1978), as porções verdes da planta são as mais nutritivas da dieta, consumidas preferencialmente pelos animais, além do que uma alta relação folha/colmo representa forragem com elevado teor de proteína, digestibilidade e consumo.

Santos (2013), também trabalhando com a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob inoculação com *Azospirillum brasilense*, encontrou resultados semelhantes aos observados neste trabalho, em que a inoculação não influenciou de maneira significativa a relação folha/colmo.

Castagnara *et al.* (2011) descrevem ainda que a relação folha/colmo possui grande importância para a nutrição animal, podendo ser associada com a capacidade de o animal se alimentar das partes mais nutritivas da forrageira. Uma alta relação folha/colmo representa uma forragem de elevado teor de proteína, digestibilidade e consumo, sendo capaz de fornecer maior quantidade de nutrientes para suprimento das exigências dos animais (WILSON, 1982). Ao contrário, a presença de colmo em grande quantidade pode reduzir a eficiência do sistema, limitando a capacidade de

apreensão e podendo provocar rejeição pelo animal devido à redução na qualidade da forragem (BALSALOBRE *et al.*, 2003; CASAGRANDE *et al.*, 2010) devido à maior presença de tecido passível de lignificação no colmo, em comparação com as folhas.

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi influenciada ($P < 0,05$) pela adubação nitrogenada e pela interação inoculação x adubação nitrogenada (tabela 10). Independentemente da adubação, apenas a inoculação não foi capaz de alterar a DPP; ao contrário, havendo inoculação, a adubação promoveu maior DPP.

Tabela 10 – Densidade populacional de perfilhos da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Inoculação	Adubação de cobertura (kg/ha N)		Médias
	0	50	
Com	31,20 Ab	39,50 Aa	35,35 A
Sem	35,60 Aa	41,00 Aa	38,30 A
Médias	33,40 b	40,25 a	36,82

Médias seguidas por mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Dados de pesquisa 2018.

Sala *et al.* (2005) descrevem que o N é, dentre outros fatores, responsável por determinar o número de perfilhos nas plantas. Para Ozturk *et al.* (2006), a emissão e sobrevivência dos perfilhos é influenciada pelo efeito da interação entre genótipo e ambiente.

Resultados semelhantes a esses foram encontrados por Lavres Junior e Monteiro (2003), Fagundes *et al.* (2006) e Silveira e Monteiro (2007), os quais observaram que, à medida que se aumentava a disponibilidade de N para as plantas, ocorria aumento no número de perfilhos. Bonfim-Silva & Monteiro (2006) descrevem ainda que a produção de perfilhos é responsável pela persistência da pastagem; dessa forma, a adubação nitrogenada se torna importante para a recuperação da planta pastejada, de forma a manter a perenidade da pastagem.

4 CONCLUSÃO

A inoculação, na pré-semeadura, das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense*, associada à adubação nitrogenada em cobertura, foi capaz de alterar a densidade populacional de perfilhos, o comprimento de colmo e, consequentemente, a produção de matéria seca.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1589-1591, 2000.

BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M.; SANTOS, P. M.; VIEIRA, I.; CÁRDENAS, R. R. Composição Química e Fracionamento do Nitrogênio e dos Carboidratos do Capim-Tanzânia Irrigado sob Três Níveis de Resíduo Pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 519-528, 2003.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum* - plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1289-1297, 2006.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 02, p. 365-372, 2000.

CASAGRANDE, D. R.; RUGGIERI, A. C.; JANUSCKIEWICZ, E. R.; GOMIDE, J. A.; REIS, R. A.; VALENTE, A. L. da S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu manejado sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 10, p. 2108- 2115, 2010.

CASTAGNARA, D. D.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; BAMBERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 60, n. 232, p. 931-942, 2011.

CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O. Resposta de cultivares de trigo e triticale ao nitrogênio no sistema de plantio direto. **Científica**, v.35, p.155-165, 2007.

CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum* brasilense-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.

CUNHA, F.; SILVA, N.; BASTOS, F.; CARVALHO, J.; MOURA, L.; TEIXEIRA, M.; ROCHA, A.; SOUCHIE, E. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 13, p. 261-272, 2014.

CURÁ, J. A.; RIBAUDO, C. M.; GAETANO, A. M.; GHIGLIONE, H. O. **Utilidad de las bacterias promotoras del crecimiento y fijadoras de nitrógeno em el cultivo del arroz durante las primeras etapas de desarrollo.** Foro, marzo, p. 10-12, 2005.

- DALLA SANTA, O. R.; HERNÁNDEZ, R. F.; ALVAREZ, G. L. M.; JUNIOR, P. R.; SCOL, C. R. *Azospirillum* sp. inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba, v.47, n.6, pp.843-850, 2004.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1023-1029, 2013.
- DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHS, A.; TRYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.36, p. 284-297, 2002.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MORAIS, R. V.; MISTURA, C.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M. E. R.; LAMBERTUCCI, D. M. Avaliações das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 30-37, 2006.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubado com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.
- FARIA, S.M. Obtenção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação de nitrogênio para espécies florestais. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, Jan. 2002. 16p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 134).
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.**, v. 38, n.2 p. 109-112, 2014.
- FISCHER, A.; da SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. Piracicaba, **Anais...**Piracicaba: ESALQ, 2001. p.733-754.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R. da; FARIA, S. M. de. Revegetação de solos degradados. **Seropédica: EMBRAPA-CNPBS**, 1992. 11p. (EMBRAPA CNPBS. Comunicado Técnico, 9).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n.1, pp.413-425, 2010.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio.

Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

LAVRES JUNIOR, J.; FERRAGINE, M. D. C.; GERDES, L. RAPOSO, R. W. C.; COSTA, M. N. X.; MONTEIRO, F. A. Yield and morphogenesis of Aruana grass as related to nitrogen supply. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 632-639, 2004.

LAZZARINI NETO, S. **Manejo das pastagens**. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000, 124 p.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. CAB International, Wallingford, UK, 1996. p. 3-36.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1475 - 1482, 2005.

MONTEIRO, F. A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p.219-244.

MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, D. D.; ABREU, J. B. R.; DAIUB, J. A. S.; SILVA, J. E. P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 135-141, 1995.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environment Microbiology**, Washington, v.6, n.7, p.366-370, 1997.

OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates.

Journal of Agronomy and Crop Science, v. 192, p. 10-16, 2006.

PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; SOUZA SOBRINHO, F.; CARVALHO, C. A. B. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen doses and share. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011.

PINTO, J. C.; GOMIDE, J. A.; MAESTRI, M.; LOPES, N. F. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 327-332, 1994.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. da; FREITAS, A. R. de; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. DOS S.; DONZELI, V. P.; FREITAS, J. G.; GALLO, P. B.; SILVEIRA, A. P. D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 345-352, 2005.

SANTOS, C. S. A. dos. **Capim Marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas em Latossolo vermelho de Cerrado**. 2013. 69. f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2013.

SANTOS, F.F. VII Encontro nacional da mandioquinha-salsa e I Seminário de integração do fumo, milho e mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.3, p.244-262, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-0536200000300021&script=sciarttext>. Acesso em: 25 out. 2018.

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184- 191, 2013.

SILVEIRA, C. P; MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 335-342, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E.R. Santarém *et al.* 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VOGEL; G. F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J.; BICHEL, A. Desempenho agrônomico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.6, n.3, p. 567-578, 2013.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (IZ. Boletim Técnico, 18).

WILMAN, D.; DROUSHIOTIS, D.; MZAMANE, M. N.; SHIM, J. S. The effect on interval between harvests and nitrogen application on initiation, emergence and longevity of leaves, longevity of tillers and dimensions and weights of leaves and 'stem' in Lolium. **J. Agric. Sci.**, v. 89, p. 65-78, 1977.

WILSON, J. R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J. B. (ed.). **Nutritional limits to production from pastures**. Farnham Royal: CAB, p.111- 131, 1982.

WILSON, J.R.; tMANNETJE, L. Senescence, digestibility and carbohydrate content of buffel gran and green panic leaves in swards. **Australian Journal Agricultural Research**, v.29, p. 503-519, 1978.

ZAGONEL, L.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

Bioarquitetura e ecoeficiência da fibra de coco

Bioarchitecture and eco-efficiency of coconut fiber

Lorena Caetano Soares

Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo (UNIPAM).

E-mail: lorenacs@unipam.edu.br

Eduardo Pains de Moraes

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: eduardopm@unipam.edu.br

Resumo: Diante do esgotamento dos recursos naturais, profissionais de diversas áreas procuram soluções para um desenvolvimento sustentável; sendo assim, materiais com características de baixo impacto ambiental são objetos de estudo. Os tijolos de solo-cimento são fabricados a partir de solo, cimento e água e visam gerar uma menor quantidade de resíduos nas construções, uma vez que o solo é sua matriz principal e é encontrado com abundância na natureza. A presente pesquisa teve como objetivo analisar a ecoeficiência da fibra de coco unida ao bloco de solo-cimento; para isso, realizaram-se ensaios quanto à resistência à compressão dos blocos nas proporções de 0% de fibra, 5% de fibra, 10% de fibra, 20 % de fibra e 30% de fibra. Foi constatado que, à medida que se introduziu a fibra de coco nos blocos, houve um decréscimo na resistência dele; sendo assim, não se recomenda sua utilização.

Palavras-chave: Fibra de coco. Solo-cimento. Ecoeficiência.

Abstract: In the face of the depletion of natural resources, professionals from different areas seek solutions for a sustainable development, therefore, materials with characteristics of low environmental impact are objects of study. Soil-cement bricks are made from soil, cement and water and aim to generate less waste in buildings, since soil is its main matrix and is found abundantly in nature. The present work has the objective of analyzing the eco-efficiency of the coconut fiber bound to soil-cement block. For this, tests were performed related to the resistance on compressive block strength in the proportions of 0% fiber, 5% fiber, 10% fiber, 20% fiber and 30% fiber. However, it was found that as coconut fiber was introduced to the blocks, there was a decrease in resistance, and therefore, its use is not recommended.

Keywords: Coconut fiber. Soil-cement. Eco-efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Diante do esgotamento dos recursos naturais, profissionais de diversas áreas procuram soluções para um desenvolvimento sustentável, sendo que materiais com características de baixo impacto ambiental são objetos de estudo, principalmente no setor da construção civil. A Bioarquitetura está intimamente ligada à diminuição de resíduos, pois, segundo Silva *et al.* (2014), é um método construtivo no qual se utilizam

materiais de impacto ambiental mínimo, além de englobar técnicas que visam proporcionar beleza, conforto e funcionalidade de maneira ecologicamente correta.

A terra crua, conforme esclarece Minke (2011), tem sido utilizada na arquitetura e em construções desde o período pré-histórico, tanto na elevação de alvenarias e de abóbodas quanto em outros elementos construtivos; porém, apesar de ser um sistema de baixo impacto ambiental e de baixo custo, ainda é associado a construções de baixa renda. Com a inovação tecnológica e o desenvolvimento de diferentes materiais alternativos, criou-se o bloco de solo-cimento, o qual é fabricado a partir de uma mistura de solo, cimento e água. Segundo Motta *et al.* (2014), esse material gera uma menor quantidade de resíduos, e sua matéria-prima principal, o solo, é encontrada com facilidade e abundância. Bento (2006) afirma que, para maior durabilidade, uma alternativa é a implantação de fibras vegetais nesses blocos, aumentando, portanto, suas propriedades mecânicas conforme resistência e rigidez.

De acordo com a Martins e Jesus Júnior (2011), a produção de coco no Brasil encontra-se em franco crescimento, aproximando-se de 3 milhões de toneladas por ano, e está embasada em dois segmentos diferenciados: o da produção de coqueiro destinado ao consumo de coco seco e o da produção de coco fresco destinado à água de coco. O consumo da água do coco verde, principalmente no verão, é grande e, como consequência imediata, há uma enorme produção de resíduos sólidos formado pelas cascas fibrosas que, em sua maioria, são descartadas incorretamente. Soares *et al.* (2008) afirmam que cerca de 85% do peso bruto da matéria-prima (coco-verde) que é processada representa lixo, podendo tornar-se fator de inviabilização das atividades de processamento. Atualmente, esse material é de difícil descarte, sendo enviado para lixões e aterros sanitários.

Essa pesquisa se justifica, pois as fibras de coco surgem como uma excelente alternativa para a implantação no bloco solo-cimento, por ser um resíduo não utilizável e por possuir vantagens econômicas e ambientais, uma vez que existem em abundância, são de baixo custo, provêm de uma fonte renovável e podem contribuir para a produção de um material ecologicamente sustentável.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa consiste na avaliação do desempenho mecânico dos blocos de solo-cimento acrescidos de fibra de coco como elemento de vedação. Diante disso, pretende-se avaliar as proporções mais viáveis e assim realizar um comparativo com os blocos de solo-cimento convencionais.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os tijolos de solo-cimento convencionais com os acrescidos de fibra de coco;
- Analisar a viabilidade técnica de implantação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Praticamente todas as civilizações ao redor do mundo desenvolveram técnicas de construção utilizando a terra. Essas técnicas foram transmitidas entre povos através de invasões e colonizações. As técnicas nativas de um lugar foram unidas a técnicas trazidas por povos estrangeiros, criando, portanto, novas combinações, cada vez mais inovadoras e eficientes (NEVES, 2004).

Por conseguinte, devido às fortes pressões ocasionadas ao meio ambiente, materiais considerados sustentáveis estão em pauta na construção civil. Conforme Buriol (2002), a utilização do solo em tijolos pode ser considerada uma alternativa para a alvenaria convencional. A mistura de solo, cimento e água dá origem aos tijolos conhecidos como solo-cimento ou tijolos ecológicos, sendo que estes são fabricados a partir de prensas manuais ou hidráulicas e não necessitam de mão de obra especializada. Silva *et al.* (2004) afirmam que este material é caracterizado por um processo simples e acessível à população de baixa renda, e uma das grandes vantagens deste tipo de aplicação está no aspecto da preservação ambiental, pois elimina o desmatamento da vegetação nativa utilizada para alimentação dos fornos no processo de queima do tijolo comum, além disso ajuda a minimizar a emissão de gases poluentes para a atmosfera resultante desse processo.

Ainda segundo Barbosa *et al.* (2010), os tijolos de solo-cimento possuem a vantagem de poder incorporar outros materiais em sua composição, como agregados reciclados e rejeitos industriais, além de representar uma economia de energia significativa, por dispensar a queima e ter sua viabilidade comprovada em diversos programas habitacionais. Um dos componentes que podem ser acrescentados na composição desse material é a fibra de coco verde, que, de acordo com Soares *et al.* (2008), possui grande relevância, pois cerca de 85% do peso bruto do coco verde que são processados representam lixo, sendo que sua destinação final é realizada através de descarte em lixões e aterros sanitários. Vale-se ressaltar que a casca de coco verde é, de longe, o mais importante resíduo gerado em cidades turísticas do litoral brasileiro, principalmente no verão.

Silva *et al.* (2004) elucidam que é viável tecnicamente a utilização dos tijolos solo-cimento com adição do pó da fibra do coco, visto que os ensaios de compressão realizados satisfazem às normativas de referência. Ainda assim, afirmam que há direta minimização do valor da condutividade térmica, e concluem que os fechamentos construídos com tijolos de solo-cimento com adição do pó da fibra do coco apresentaram resultados superiores de conforto térmico no seu interior em relação aos fechamentos convencionais. Além disso, Segantini *et al.* (2010) destacam que a produção desses blocos é favorável ao desenvolvimento sustentável, pois há pouco gasto devido ao fato de a matéria-prima ser obtida no local da obra, havendo economia com transporte.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa baseia-se em um estudo experimental cuja função é avaliar a viabilidade técnica de aplicação de blocos de solo-cimento com

adição de fibras de coco na construção civil. Em primeiro instante, foi realizada a caracterização do solo através do ensaio de massa específica, conforme a ABNT NBR 6458 (2016), sendo o solo preparado de acordo com a ABNT NBR 6457 (2016), peneirado, portanto, na malha 4,8 mm. Em seguida foram coletadas três amostras desse solo e levadas para estufa por 24 horas em cápsulas, conforme a Figura 1, em temperatura de 105° C para verificação da umidade presente.

Figura 1 – Determinação da umidade contida no solo



Fonte: Autores, 2018.

Posteriormente, o ensaio foi realizado de acordo com o Anexo B da NBR 6458 (2016); portanto, foram empregadas duas amostras de 60 g cada uma em recipientes com 150 ml de água aproximadamente e deixadas submersas por um período de 15 horas. Em seguida, foi colocada a Amostra 1 em um copo de dispersão por 15 minutos, seguidamente, no picnômetro e aplicado vácuo por 15 minutos. Após esse tempo, foi acrescida água até cerca de 1 cm abaixo da marca do gargalo e aplicada a bomba de vácuo novamente por mais 15 minutos, como explicita a Figura 2a. Depois, a amostra foi deixada no picnômetro em repouso até equilíbrio com a temperatura ambiente. Por fim, com uma seringa foi adicionada a água até a marca de referência do gargalo; logo após, foi realizada a medição da massa em uma balança de precisão e aferida sua temperatura, conforme a Figura 2b. Deve-se ressaltar que o mesmo procedimento foi adotado na Amostra 2.

Figura 2a – Aplicação de vácuo no picnômetro



Figura 2b – Aferição da temperatura



Fonte: Autores, 2018.

Para ambas as amostras, foi utilizada a Equação 1 para cálculo da massa específica.

$$ps = \frac{M1 \times 100 \div (100 + w)}{\left[\frac{M1 \times 100}{100 + w} \right] + M3 - M2} \times pw(t) \quad (1)$$

onde, ps é a massa específica dos grãos do solo, $M1$ a massa do solo úmido, $M2$ a massa do picnômetro + solo + água em temperatura de realização do solo, $M3$ a massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência à temperatura T do ensaio, w a umidade inicial da amostra e $pw(t)$ a massa específica da água à temperatura (t).

Posteriormente, foram confeccionados os tijolos de solo-cimento, através de análise tátil-visual; dessa forma, foram adotados dois modelos de mistura, sendo o modelo de solo-cimento convencional como amostra padrão para comparativos, e outro com adição de fibra de coco em diversas proporções, como ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 – Esquema do procedimento experimental

Modelos de estudo				
Solo-cimento	Solo-cimento + fibra de coco			
0%	5%	10%	20%	30%

Fonte: Autores, 2018.

Conforme determinado, as porcentagens apresentadas ilustram a adição de fibra de coco em relação à massa total do solo-cimento adotado como padrão. A Tabela 2 demonstra a quantificação dos materiais utilizados.

Tabela 2 – Quantificação dos materiais utilizados

Modelos de estudo					
	Solo-Cimento	Solo-cimento + fibra de coco			
	0%	5%	10%	20%	30%
Solo (Kg)	8,28	7,87	7,45	6,62	5,79
Cimento (Kg)	0,92	0,88	0,83	0,74	0,65
Fibra (Volume)	0	0,41	0,82	1,64	2,48
Água (Litros)	1,5	2	2	2,5	3

Fonte: Autores, 2018.

Deve-se destacar que, para cada porcentagem, foram fabricados 4 corpos de prova de acordo com a ABNT NBR 10833 (2012), sendo que foram confeccionados através de prensagem em formas 25 x 12,5 x 0,7 (comprimento x altura x espessura), como explicita a Figura 3a e 3b. Após a fabricação do material, buscou-se determinar o comportamento mecânico dos blocos e avaliar a influência da fibra de coco no bloco de solo-cimento. No que se refere à determinação das propriedades mecânicas dos blocos, foi adotado, portanto, o procedimento descrito na ABNT NBR 15270-1 (2017) para quantificação da homogeneidade dimensional e a ABNT NBR 15270-2 (2017) para a resistência à compressão e o índice de absorção de água.

Figura 3a – Dimensões do tijolo ecológico**Figura 3b** – Confeção dos tijolos de solo-cimento

Fonte: Autores, 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa referem-se aos ensaios de caracterização do solo e seu desempenho mecânico. Em primeiro instante, foi determinada a umidade do solo, o qual apresentou 2,23%. Conforme explicitado na metodologia, em seguida, o solo foi caracterizado quanto à sua massa específica conforme a ABNT NBR 6458 (2016), sendo os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da massa específica dos grãos de solo

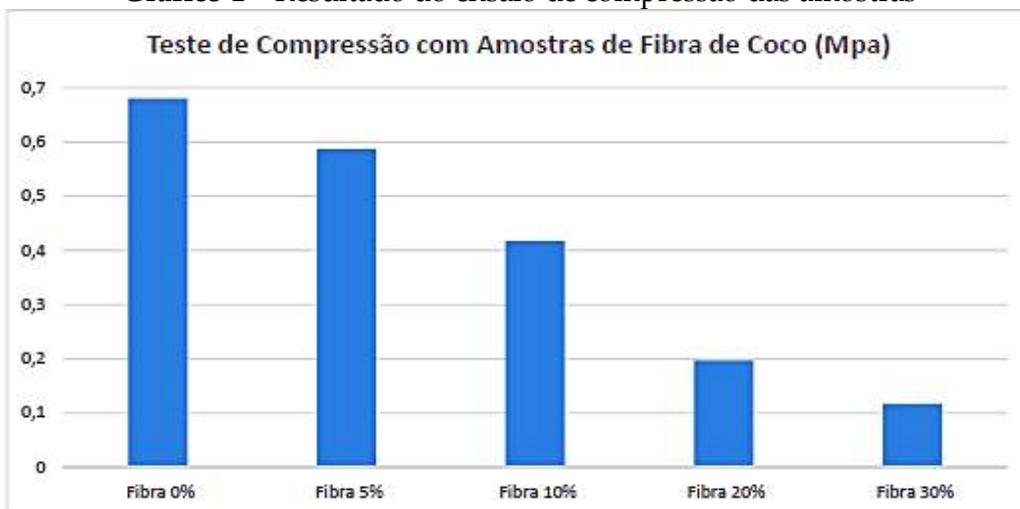
Material	Amostra 1 (ps) (g/cm ³)	Amostra 2 (ps) (g/cm ³)	Diferença (ps) (g/cm ³)	Média das amostras (g/cm ³)
Solo	3,026	3,031	0,005	3,028

Fonte: Autores, 2018.

Conforme a normativa de referência, a variação permitida entre as amostras é de 0,02 g/cm³, sendo atendido para o material em destaque.

Em seguida, foi realizado o ensaio para verificação da resistência à compressão do tijolo de solo-cimento unido à fibra de coco de acordo com a ABNT NBR 5739, sendo que os resultados obtidos para cada porcentagem estão listados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resultado do ensaio de compressão das amostras



Fonte: Autores, 2018.

Como se pode observar, a amostra padrão caracterizada com 0% de adição de fibra de coco foi a que apresentou melhor resultado; à medida que as proporções aumentaram, houve um decréscimo significativo em sua resistência, uma vez que o corpo de prova com 30% de fibra de coco apresentou resultado inferior a 0,56 MPa em relação à amostra padrão.

Por meio de análise visual, foi possível averiguar patologias nas amostras com acréscimo de fibra de coco. Anomalias quanto à fissuração, ao manchamento e ao esfarelamento ficaram evidentes nos blocos.

5 CONCLUSÃO

Por meio do estudo realizado da ecoeficiência da fibra de coco introduzida no bloco de solo-cimento, foi possível verificar que, à medida que se introduziu a fibra de coco nos blocos, houve um decréscimo na resistência deles. Além do mais, por meio da análise visual, foi possível constatar manifestações patológicas que afetaram a estrutura do tijolo, pois, quanto maior a porcentagem de fibras, maior o nível de esfarelamento do material. Mediante as análises realizadas nesta pesquisa, não se recomenda a utilização da fibra de coco em tijolos de solo-cimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo- cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457**: Amostra do solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7182**: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-2:** Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

BARBOSA, N. P. S *et al.* . Terra crua para edificações. *In: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010, v.2. Cap. 25. p. 1565-1598.

BENTO, P. F. **Uso de cal e fibras na melhoria de materiais para utilização em estruturas de pavimentos**. 2006. 132p. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Universidade de Brasília. Distrito Federal, 2006.

BURIOL, Telmo Luiz. **Caracterização de jazidas para construção de habitações populares, com solo-cimento, em Santa Maria**. 2002. 139 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

MARTINS, Carlos Roberto; JESUS JÚNIOR, Luciano Alves de. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011.

MIKE, Gernot. **Manual de construcción em tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación em la arquitectura actual**. Uruguay: Nordan-Comunidad, 2011.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva *et al.* Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. *Exacta*, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p.1-14, 31 maio 2014.

NEVES, C. M. M. Resgate e atualização do construir com terra: o Projeto Proterra. *In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 18-21 Julho 2004, São Paulo.

SEGANTINI, A. A. S. *et al.* Solo-cimento e solo-cal. *In: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010, v. 2. Cap. 27. p. 864-891.

SILVA, Luiz Cláudio Ferreira da *et al.* Fibras do coco como indutor de isolamento térmico em tijolos solo-cimento. *In: III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, 2004, Belém. CONEM. 2004. p. 1-8.

SILVA, V. M. da *et al.* Incorporation of ceramic waste into binary and ternary soil-cement formulations for the production of solid bricks. *Mat. Res.* [online]. 2014, vol. 17, n. 2, p. 326-331. Epub Feb 18, 2014.

SOARES, R. N. *et al.* Tijolos de terra crua estabilizados com fibras de coco verde: alternativa para habitação de interesse social. *In: XVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 46. 2008. Rio Branco. Pôster. Rio Branco: Sober, 2008. v. 1, p. 1 - 9.

PALADINO. **Tijolo ecológico**. Disponível em:
<http://paladinobr.blogspot.com.br/2011/04/tijolo-ecologico.html?m=1>. Acesso em: 05 mar. 2018.

Efeito da cinetina em soja no estágio reprodutivo

Kinetin effect in soybeans in reproductive stage

Aurélio Carneiro Soares Moreira

Graduando do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: aureliocarneiro@hotmail.com

Luís Henrique Soares

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: luishs@unipam.edu.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação, via folha, de citocinina em cultivares de soja no estágio reprodutivo. O experimento foi conduzido na COOPADAP, Rio Paranaíba – MG na safra 2018/19. Foi realizada aplicação, via folha, de citocinina no estágio reprodutivo (R₂/R₅) de soja, cultivar BMX Desafio RR. Foram realizadas avaliações de massa seca de caule e folha, número de nós, ramificações e vagens. Apenas para a variável número de vagens notou-se diferença significativa, havendo incremento de 35,35% em relação ao controle em que a citocinina atua reduzindo o abortamento de flores e resultando em maior número de vagens, o que pode promover maior número de grãos e, conseqüentemente, maior produtividade.

Palavras-chave: Citocinina. *Glycine max*. vagens.

Abstract: The present work aims to evaluate the application influence of cytokine, via leaf, on soybean cultivars at reproductive stage. The experiment was conducted at COOPADAP, Rio Paranaíba - MG in the 2018/19 crop. Cytokine was applied, via leaf, at the reproductive stage (R₂/R₅) in soybean, cultivar BMX Desafio RR. Dry stem and leaf mass evaluations were performed; number of nodes, branches and pods. Only for the variable number of green beans, a significant difference was noted, presenting a 35.35% increase in relation to the control where the cytokine acts reducing flower abortion and resulting in a greater number of green beans, which can promote a greater number of grains and, consequently, greater productivity.

Keywords: Cytokine. *Glycine max*. Green beans.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO; ROSSI, 2000). O Brasil possuía uma área plantada de 35.022,8 milhões de hectares na safra 2017/18, gerando uma produção de 112,9 milhões de toneladas, demonstrando assim sua grande importância para a economia brasileira (CONAB, 2018).

De acordo com Haegele e Below (2013), a soja tem apresentado recordes de produtividades de 10760 kg ha⁻¹, dessa forma o manejo fisiológico da cultura vem sendo explorado pelos pesquisadores. Dentro do manejo fisiológico, o uso de hormônios, como a citocinina, com o intuito de alterar a arquitetura das plantas, o que é determinante na produtividade, pois altera os componentes de produção como número de nós, número de ramificações e número de vagens, tem ganhado destaque nos últimos anos.

São várias as citocininas identificadas em plantas. As principais são *trans*-zeatina, *cis*-zeatina, dihidrozeatina, isopentenil adenina, zeatina ribosídeo, zeatina ribotídeo, *cis*-ribosilzeatina e isopentenil (TAIZ; ZEIGER, 2013). De acordo com Srivastava (2002), as citocininas são sintetizadas em tecidos meristemáticos jovens, por exemplo, ápice radicular, gemas da parte aérea, tecidos cambiais, sementes e frutos em desenvolvimento.

A aplicação de citocinina via folha vem sendo recomendada por alguns pesquisadores na cultura da soja no estágio vegetativo e/ou reprodutivo. A aplicação foliar do hormônio citocinina no estágio vegetativo visa a uma melhor arquitetura de planta, enquanto as aplicações em estágio reprodutivo visam a um maior pegamento de flores/vagens e enchimento de grãos (SOARES, 2016).

Mediante a importância da cultura da soja para o país, pesquisas com intuito de incrementar a produtividade, sem afetar o meio ambiente, se tornam cada vez mais importantes. A utilização de citocinina durante a fase reprodutiva da cultura de soja tem sido relatada como uma estratégia para potencializar a produtividade. No entanto, ainda são escassos os trabalhos que mostram como estes produtos atuam para aumentar a produtividade. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da citocinina em soja no estágio reprodutivo.

2 METODOLOGIA

Local

A soja foi semeada na Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), localizada no estado de Minas Gerais, na região do Alto Paranaíba, município de Rio Paranaíba, no período de março de 2018 até fevereiro 2019. O local, segundo a classificação de Köppen, apresenta um clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1540 mm, sendo a temperatura média anual igual a 20 °C (PEEL, 2007).

As avaliações foram realizadas Laboratório do Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) em Patos de Minas-MG.

Caracterizações do experimento

A semeadura foi realizada mecanicamente em outubro de 2018. Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas de 8 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,6 m. A área útil de cada parcela foi constituída pelas linhas centrais,

descartando-se 0,5 m em cada extremidade da parcela. Para manejo das plantas daninhas, foi realizada aplicação de Gli up® (Glifosato e.a 480 g L⁻¹) na dose de 4 L ha⁻¹. Para manejo de pragas, foi realizada aplicação de Fastac Duo® [Acetamiprido (100 g L⁻¹) + Alfa-cipermetrina (200 g L⁻¹)] na dose de 300 mL p.c. ha⁻¹. No manejo de doenças, foi realizada a aplicação de Orkestra® [Piraclostrobina (333 g L⁻¹) + Fluxapirroxade (167 g L⁻¹)]. Nas aplicações de inseticida e fungicida, foi adicionada a calda de pulverização Assist na dose de 500 mL p.c./ha⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados. Foi avaliada a aplicação, via folha, de cinetina nos estádios R₁ e R₅, em soja cultivar BMX Desafio RR. O experimento foi composto por três tratamentos com sete repetições, totalizando-se 21 unidades experimentais. (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos que foram utilizados no trabalho intitulado: “**Efeito da cinetina em soja no estágio reprodutivo**”. Cultivar BMX Desafio RR. NUFEP, UNIPAM. Patos de Minas, MG, Safra 2018/19.

Tratamentos	Descrição			
	R ₂		R ₅	
	Hormônio	Dose	Hormônio	Dose
T ₁	-	-	-	-
T ₂	Cinetina	100 mg ha ⁻¹	Cinetina	100 mg ha ⁻¹
T ₃	Cinetina	200 mg ha ⁻¹	Cinetina	200 mg ha ⁻¹

Avaliações

Massa de matéria seca de caule, folha

Foi realizada a coleta de quatro plantas em cada repetição para as avaliações de massa seca aos 15 (DAA).

No momento da coleta das plantas, foi realizada a separação de caule, folhas e vagens. Posteriormente, esses órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados, identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 65 °C, até massa constante para a determinação da massa de matéria seca. As pesagens foram realizadas em balança digital, com precisão de 0,01 gramas.

Os dados obtidos nos ensaios foram utilizados nos modelos de estimativa ajustados de acordo com os modelos propostos por Benicasa (2013).

Número de nós, número de ramificações e número de vagens

Antes da colheita, foram coletadas quatro plantas em cada unidade experimental, para a contabilização número de nós, número de ramificações e número de vagens das plantas.

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. A análise estatística foi realizada com o auxílio do software SISVAR® (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As citocininas são sintetizadas em tecidos meristemáticos jovens, como ápice do sistema radicular, gemas da parte aérea sementes e frutos em desenvolvimento, entre outros (SRIVASTAVA, 2002). De acordo com Taiz e Zaiger (2013), o hormônio citocinina desempenha diversas funções nas plantas, como retarda a senescência foliar, o que garante folhas verdes por um período maior de tempo; induz melhor mobilização dos nutrientes das folhas para os grãos; atua nos meristemas apicais da planta, induzindo a formação de ramificações; reduz o abortamento de flores, o que garante maior número de vagens, grãos e, conseqüentemente, e produtividade.

As plantas, quando em condições de estresse, possuem mecanismos com o intuito de reduzir o gasto de energia e garantir sua sobrevivência, como desfolha, abortamento de flores e vagens. Com isso, o uso de citocininas com a finalidade de manter as folhas verdes por um período maior de tempo e, conseqüentemente, incrementar a produção e translocação de fotoassimilados no estágio reprodutivo, pode reduzir os danos causados por estresse, resultando em maior produtividade (SOARES, 2016).

Portanto, a utilização de citocinina na cultura da soja no estágio reprodutivo pode manter as folhas verdes por um período maior de tempo, aumentando assim a produção e, conseqüentemente, a translocação de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, resultando em maior pegamento de vagens, tornando assim as plantas com maior potencial produtivo (NONOKAWA *et al.*, 2007).

Para as variáveis *massa seca de caule e folha, número de nós e número ramificações*, não houve diferença significativa. Porém, quando se observa o teor de massa seca de folha, apesar de não haver diferença significativa, nota-se um incremento do tratamento que recebeu 200 mg CK ha⁻¹ de 11,32% em relação ao controle (Figura 1). Já em relação à variável número de vagens, observa-se diferença significativa, já que houve incremento de 35,35% em relação ao controle (Figura 2), confirmando o que foi dito por Nonokawa *et al.* (2007) e Soares (2016): a citocinina atua retardando a senescência, resultando em folhas verdes por mais tempo e maior massa seca, além de promover redução do abortamento de flores, resultando em maior número de vagens, podendo ter maior número de grãos e, conseqüentemente, maior produtividade.

Figura 1 – Massa seca de folha (g planta⁻¹) que foram utilizados no trabalho intitulado: “Efeito da cinetina em soja no estágio reprodutivo”. Cultivar BMX Desafio RR. NUFEP, UNIPAM. Patos de Minas, MG, Safra 2018/19.

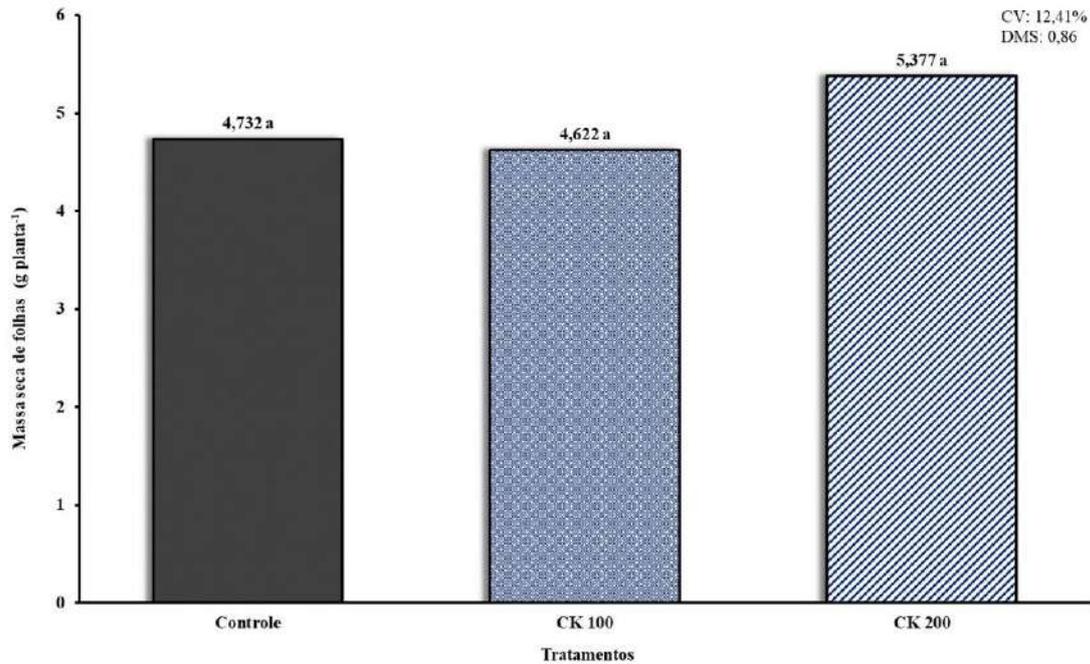
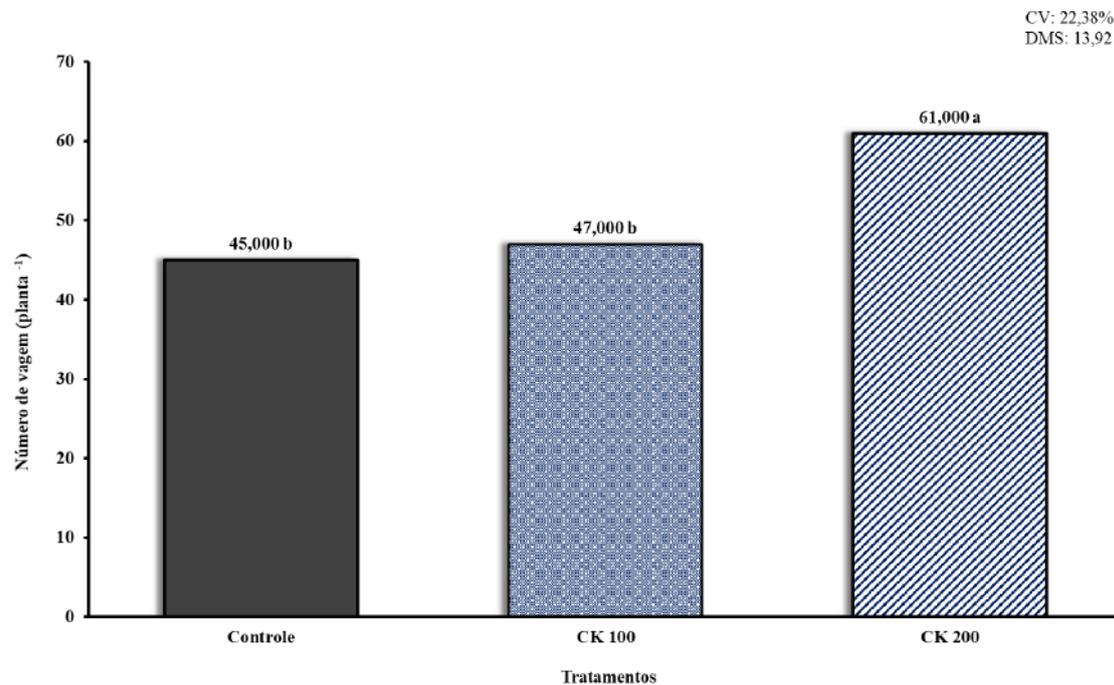


Figura 2 – Número de vagens (planta⁻¹) que foram utilizados no trabalho intitulado: “Efeito da cinetina em soja no estágio reprodutivo”. Cultivar BMX Desafio RR. NUFEP, UNIPAM. Patos de Minas, MG, Safra 2018/19.



4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a aplicação de citocinina no estágio reprodutivo da soja

promove o aumento de pegamento no número de vagens e, conseqüentemente, da produtividade.

REFERÊNCIAS

BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2013.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília – DF, v.5, mar. de 2018.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA. 2000.

HAEGELE, J.W.; BELOW, F.E. **The six secrets of soybean success: improving management practices for high yield production**. 2013. Disponível em: <http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2012%20Six%Secrets%20of%20Soybean%20Success%20report.pdf>. Acesso em: 07 de mar. 2018.

NONOKAWA, K.; KOKUBUN, M.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; YOSHIDA, R. Roles of auxin and cytokinin in soybean pod setting. **Plant Production Science**, v.10, p.199-206, 2007.

PEEL, M. C. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, Germany, 2007, p. 439-473.

SOARES, L. H. **Manejo fisiológico com base em tratamento de sementes de e aplicação de organominerais via foliar para sistemas de alto potencial produtivo de soja**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

SOARES, L. H. **Alterações fisiológicas e fenométricas na cultura de soja devido ao uso de lactofen, cinetina, ácido salicílico e boro**. Tese (Doutor em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SRIVASTAVA, L. M. Special Features of Plant Development. *In*:SRIVASTAVA, L. M (ed.). **Plant growth and development -Hormones and environment**. Academic Press, New York, p. 3-22.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed, Porto Alegre, p.954, 2013.

Investigação das propriedades mecânicas de argamassas de cimento portland com a adição de nanotubos de carbono em diferentes concentrações e dispersões

Investigation of the mechanical properties of portland cement mortar with the addition of carbon nanotubes at different concentrations and dispersions

Luiz Fernando O. Silva

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: luizfos@unipam.edu.br

Sandra Lúcia Nogueira

Professora orientadora (UNIPAM).

E-mail: sandraln@unipam.edu.br

Resumo: Nanotubos de carbono (NTC) são folhas de grafeno enroladas de maneira a formar uma peça cilíndrica com diâmetro próximo de 1 nm. Este trabalho apresenta uma investigação dos efeitos da adição de NTC em argamassas de cimento Portland. Analisaram-se dois tipos de dispersão: uma manual e outra por meio do banho de ultrassom com 1% surfactante Lauril Éter Sulfato de Sódio. Verificaram-se, para cada tipo, 4 dosagens diferentes de NTC, 0%, 0,2%, 0,3% e 0,4%, em relação à massa de cimento. A concentração 0,3% de NTC foi a que mostrou melhores resultados juntamente com a dispersão de ultrassom.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Nanotubos. Carbono. Resistência. Argamassa.

Abstract: Carbon nanotubes (CNTs) are graphene sheets rolled up to form a cylindrical piece with a diameter close to 1nm. This work presents an investigation of the effects of the addition of CNTs on Portland cement mortars. Two types of dispersions were analyzed: one manual and another through the ultrasonic bath with 1% surfactant Sodium Lauryl Ether Sulfate. It was verified 4 different dosages of CNT, 0%, 0.2%, 0.3% and 0.4% for each type, in relation to the mass of cement. The concentration of 0.3% CNT was the one which showed better results along with the ultrasonic dispersion.

Keywords: Nanotechnology. Nanotubes. Carbon. Resistance. Mortar.

1 INTRODUÇÃO

O termo “nano” tem aparecido reiteradamente nas mídias e em pesquisas científicas, relacionado com as palavras nanociência e nanotecnologia. O lado mais perceptível da nanotecnologia está associado ao desenvolvimento de novos materiais, a fim de se reduzirem gastos em energia, proteger o meio ambiente e diminuir o uso de

matérias-primas escassas (VALADARES, 2005).

O número de aplicações em diversas áreas é a principal peculiaridade dessa nova tecnologia, que está cada vez mais ganhando espaço dentro de laboratórios de pesquisas de universidades e empresas. O mercado total de produtos que incorporam a nanotecnologia foi de US\$ 135 bilhões em 2007 e cresceu rapidamente, com expectativa de atingir valores próximos a US\$ 3,3 trilhões em 2018. No Brasil, planeja-se alcançar cerca 1% do mercado mundial, que significa cerca de US\$ 33 bilhões (TNS, Antimicrobial Solutions; MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação).

Pesquisas desenvolvidas com essa temática mostram que a adição de nanocompósito ao cimento permite alterações relevantes na sua microestrutura, o que resulta em argamassas e concretos mais resistentes, menos porosos e mais duráveis (LEMES, 2016).

De acordo com Melo (2009), o prefixo nano é usado na ciência para designar um bilionésimo. Assim, um nanômetro (símbolo nm) é um bilionésimo de metro. Como referência, um átomo mede cerca de dois décimos de um nanômetro e o diâmetro de um fio de cabelo humano aproxima-se de 30.000 nanômetros.

As pesquisas e estudos que focaram a adição de Nanotubo de Carbono na construção civil, especialmente no concreto, defrontaram-se com dois obstáculos: o custo alto com a fabricação ou obtenção do NTC (Nanotubo de Carbono) e a dificuldade de se encontrar um modo de dispersão efetivo do NTC nas misturas.

Sendo assim, esse projeto tem como tema a investigação dos efeitos da adição de nanotubos de carbono em argamassas de cimento Portland, a fim de se testarem diferentes modos de dispersão e concentração do NTC.

Tendo em vista a constante demanda por novos materiais na construção civil e a escassez de matérias-primas, muitos trabalhos mostram a Nanociência e a Nanotecnologia como um grande potencial. O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de novos revestimentos, polímeros, alvenarias e fibras com características excepcionais em relação às já existentes são um exemplo de seu potencial.

A sílica ativa já é muito usada para redução da porosidade de concretos, com foco em ganhos mecânicos. Com adição de partículas em nano-escala, espera-se que um melhor preenchimento de vazios presentes em concretos e em argamassas, tendo-se ganhos em características mecânicas, como o aumento de F_{ck} (Resistência à compressão) e melhoramento na retração do concreto, evitando-se a propagação de fissuras no processo de cura.

A investigação da adição de NTC em argamassas de cimento Portland possibilitará o encaminhamento de resultados mais promissores e benéficos à sociedade e a pesquisadores.

Nesse contexto, uma investigação das propriedades mecânicas da argamassa de cimento Portland com diferentes concentrações e formas de dispersão do nanotubo nas misturas faz-se necessária, a fim de se buscar um novo material para a área da construção civil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos complexos, ao serem misturados com água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, que pode então oferecer elevada resistência mecânica (PETRUCCI, 1978).

Mehta e Monteiro (2014) completam a definição, ressaltando que o cimento Portland é um cimento hidráulico produzido pela pulverização de clínqueres constituídos essencialmente por silicatos de cálcios hidráulicos cristalinos e uma pequena quantidade de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e até 5% de calcário como adição de moagem.

Clínqueres são nódulos de 5 a 25 mm de diâmetro de material sintetizado, que é produzido quando uma mistura de matérias-primas com proporção adequada é aquecida sob altas temperaturas (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Segundo Petrucci (1978), o cimento Portland também é constituído por certo número de compostos, cujas reações são a origem do processo de endurecimento. Consequentemente, antes de estudar os mecanismos de endurecimento, é necessário analisar a natureza das reações desses compostos com a água.

2.2 REAÇÕES DE HIDRATAÇÃO

Os compostos presentes no Portland são anidros, mas, quando postos em contato com a água, reagem com ela, formando produtos hidratados. Petrucci (1978) define a hidratação do cimento como uma transformação de anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis.

Petrucci (1978) também verifica que, na hidratação, há formação de uma camada de gel em torno dos grãos dos compostos de anidros, de maneira que, na zona de transição (zona intermediária entre o cristal primário e o gel), a solução é supersaturada em relação aos compostos. As variações de soluto e água fazem com que se gere um gradiente de concentração, originando uma pressão osmótica que vai trazer a ruptura do gel, expondo novas áreas do composto de anidro à ação da água.

É notável que a função dos cimentos em mistura com a água é aglomerar partículas e ligá-las pela formação de produtos hidratados, com desenvolvimento de resistência mecânica e, após o endurecimento, resistir à sua ação, daí ganhando o nome de ligante hidráulico (CINCOTTO, 2011). No estado fresco, a mistura deve ser coesa e ter a capacidade de ser trabalhada e moldada para demais atividade.

À medida que o processo de hidratação se desenvolve, acontecem mudanças na microestrutura da pasta de cimento ou no concreto. “Nos primeiros minutos e nas primeiras horas, as mudanças são muito rápidas; após há primeira semana, tornam-se mais lentas. No entanto, o processo de hidratação continua durante meses e anos” (MELO, 2009).

Além dos sólidos, a pasta de cimento hidratada contém muitos tipos de vazios que têm uma influência importante em suas propriedades. Os mais presenciais são os

vazios capilares, que representam os espaços não preenchidos pelos componentes sólidos da pasta de cimento hidratada, e o ar incorporado, que representa uma pequena quantidade de ar aprisionada na pasta de cimento durante a mistura do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Dessa forma, do mesmo jeito que o processo de hidratação bem realizado contribui para melhorias nas propriedades mecânicas, os acréscimos de partículas muito finas também contribuem bastante para um melhor desempenho da estrutura, visto que colaboram para o fechamento dos vazios capilares da pasta de cimento.

2.3 A INSERÇÃO DE NANOMATERIAIS EM MATRIZ DE CIMENTO PORTLAND

Muitos artigos e pesquisas científicas já realizadas comprovam o bom desempenho de nanopartículas quando incorporadas em argamassas de cimento e a concretos. Por conta do seu tamanho muito pequeno, tais partículas contribuem para o preenchimento de vazios, conseqüentemente, para a melhoria de diversas propriedades desses materiais.

Gillani (2017) comprova essa questão da melhora nas propriedades mecânicas do concreto com a adição de pequenas frações de MWCNTs (*Multi-walled carbon nanotubes*) em matrizes de concreto. Contudo, todos os seus benefícios são dependentes do modo de dispersão, tamanho, relação de aspecto e pureza do nanomaterial.

Esse aumento de resistência pode ser explicado por três motivos:

- quando uma pequena quantidade de nanopartículas é uniformemente dispersa na pasta de cimento, as nanopartículas agem como um núcleo de ligação forte ao cimento hidratado e contribuem para a hidratação do cimento devido a sua alta atividade, o que é favorável para a resistência mecânica;
- as nanopartículas presentes nos produtos hidratados irão impedir o crescimento de cristais, como o Ca(OH)_2 (hidróxido de cálcio), o que favorece a resistência mecânica;
- as nanopartículas preencherão os poros da pasta de cimento, tornando-a mais densa e aumentando, assim, a resistência, de modo similar ao efeito da sílica ativa (GILLANI, 2017).

2.4 NANOTUBOS DE CARBONO

Comparado aos outros elementos químicos existentes, o carbono é certamente um dos mais importantes para a existência do ser humano. A humanidade tem feito uso de compostos de carbono há vários anos, tanto na fabricação de vestuário (peles e tecidos) quanto na de combustíveis (carvão, petróleo e madeira) (MELO, 2009).

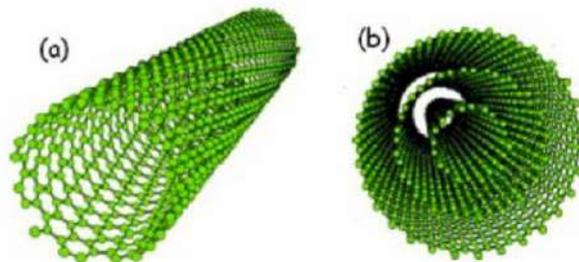
Os nanotubos de carbono (NTC) são formados apenas por elementos de carbono num arranjo hexagonal, os quais se enrolam em forma de cilindro. Segundo o CDTN (Centro de desenvolvimento de tecnologia nuclear), a ligação carbono-carbono é a mais forte encontrada na natureza (MARCONDES, 2012).

2.4.1 Características dos Nanotubos de Carbono

Há várias formas de se realizarem as ligações de carbono para formação dos nanotubos. Essa forma de ligação, juntamente com sua geometria, sua purificação e seu diâmetro, é responsável pelo desempenho do material, conseqüentemente, da melhoria de suas propriedades.

Do ponto de vista estrutural, existem dois tipos de nanotubos de carbono: os de parede simples, constituídos por uma única folha de grafeno enrolada sobre si mesma para formar um tubo cilíndrico, e os de paredes múltiplas, que compreendem um conjunto de nanotubos de carbono coaxiais, com várias folhas de grafeno enroladas em forma de tubo (MARCONDES, 2012). Na figura 1, mostra-se a diferença dos NTC de paredes simples dos de paredes múltiplas.

Figura 1- Estrutura do nanotubo de carbono de parede simples (a) e estrutura de um NTC de paredes múltiplas (b)



Fonte: Zarbin, (2007)

De acordo com Zarbin (2007), os nanotubos de carbono de paredes múltiplas são constituídos de 2 a 40 camadas de grafeno concêntricas, que se distanciam entre si por 0,34 nm; normalmente apresentam diâmetro de 10 a 50 nm com comprimentos maiores que 10 micrômetros, sendo que suas propriedades estão diretamente ligadas ao número de camadas e ao seu diâmetro interno. Já os nanotubos de parede simples são mais finos, e apresentam diâmetro variando entre 1 e 5 nm, sendo formados por uma única folha de grafeno.

2.4.2 Dispersão de nanotubos de carbono em matrizes cimentícias

Homogeneizar a distribuição dos NTC em matrizes cimentícias é um dos maiores desafios para os pesquisadores atualmente. Foldyna (2016) relata que os NTCs podem se dissolver em solução ou rasgar em pequenos pedaços se for utilizada força agressiva.

Foldyna (2016) analisa também que uma boa dispersão pode ser conseguida por meio do uso de misturador ultrassônico com surfactantes em solução aquosa, com tempo e quantidade de energia específica. O melhor desempenho mecânico já registrado de NTC em pastas de cimento foi com energia de ultrassom de 20 J/mL por unidade NTC para cimento (C/c) com 84% de dispersão máxima.

3 METODOLOGIA

A produção das argamassas de cimento Portland, os ensaios destrutivos de resistência à compressão, a flexão e os métodos de dispersão dos NTCs com a sua inclusão nas argamassas foram realizados no Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção e no Laboratório de Ciência e Tecnologia dos Materiais, do Centro Universitário de Patos de Minas.

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Cimento Portland

Para produzir os primeiros corpos de provas, foi utilizado o cimento Portland CP-V ARI, que tem uma alta resistência inicial e maior valor de finura. O uso desse cimento também minimiza retardamentos de pega, quando do emprego de aditivo. Como não possui cinza pozzolânica e contém maior quantidade de clínquer em sua composição, elimina-se mais uma variável do estudo, já que materiais pozzolânicos podem interagir com os NTC e interferir nos resultados. (MELO, 2009)

O cimento CP-V ARI, segundo a ABNT NBR 5733 (1991), tem como definição:

Aglomerante hidráulico que atende às exigências de alta resistência inicial, obtido pela moagem de clínquer Portland, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. (ABNT, 1991, p.2).

3.1.2 Areias

Para a confecção dos corpos de provas, foram utilizadas as areias normativas disponibilizadas pelo laboratório de resistência dos materiais, seguidas as recomendações da ABNT NBR 7215 (1996).

3.1.3 Nanotubo de Carbono (NTC)

Os nanotubos que foram utilizados nesta pesquisa são de paredes múltiplas (MWCNT- *Multi-walled carbon nanotubes*), com 90% Carbon Basis.

3.2 DOSAGEM DAS ARGAMASSAS

Para o projeto experimental, foi fixado um traço de referência sem a adição de NTC, a fim de se fazer a comparação com argamassas que tenham o NTC na mistura.

A norma ABNT NBR 7215 (1996) dispõe da dosagem a ser usada no ensaio, como mostrado na tabela 1, porém esse volume de materiais resulta em apenas 6 corpos de provas 5x10. Entretanto, esta pesquisa precisa de 9 corpos de provas 4x4x16 (por traço), sendo assim, por meio de regra de três, foi adaptada a quantidade de

materiais necessários para o volume de 9 corpos de provas (por traço), como mostra a tabela 2.

Tabela 1- Quantidade de Materiais para confecção de 6 corpos de provas 5x10

Material	Massa para mistura (g)
Cimento Portland	624 ± 0,4
Água	300 ± 0,2
Areia fração grossa	468 ± 0,3
Areia fração média grossa	468 ± 0,3
Areia fração média fina	468 ± 0,3
Areia fração fina	468 ± 0,3

Fonte: ABNT NBR 7215 (1996)

Por fim, totalizaram-se quatro traços diferentes a fim de se realizar, no final dos testes, a comparação de suas propriedades.

Tabela 2: Quantidade de Materiais (g) para confecção dos 9 corpos de provas (por traço)

Material	Traço REF	Traço 0,2%	Traço 0,3%	Traço 0,4%
Cimento Portland	1220,35	1220,35	1220,35	1220,35
Água	586,7	586,7	586,7	586,7
Areia fração grossa	915,26	915,26	915,26	915,26
Areia fração média grossa	915,26	915,26	915,26	915,26
Areia fração média fina	915,26	915,26	915,26	915,26
Areia fração fina	915,26	915,26	915,26	915,26
NTC	0	2,44	3,66	4,88

Fonte: Autor

Assim como os aditivos, a quantidade de NTC foi calculada em relação à massa de cimento. Os teores de nanotubos de carbono (NTC) foram definidos a partir da análise dos resultados de Melo (2009). A autora observou que a adição de 0,30% de NTC foi a que apresentou mais resistência mecânica em todas as idades analisadas. Por esse motivo, adaptaram-se valores abaixo e acima de 0,30% de NTC.

3.3 DISPERSÃO DOS NTC

A proposta feita foi a dispersão dos NTC de duas formas: no primeiro método (Dispersão 1), os NTC foram manualmente dispersos na água e logo dirigidos ao recipiente com todos os seus componentes (areias e cimento) já misturados; o segundo método (Dispersão 2), foi realizado com o uso do equipamento Banho Ultrassom modelo 03350. Usando-se a energia de ultrassom, pesquisadores como Melo (2009) e Marcondes (2012) obtiveram melhor resultado.

Nessa primeira etapa, foi feita a Dispersão 1, totalmente manual. Foram colocados, em um béquer, 500 mL de água e, em outro béquer, 86,7 mL de água. O

NTC foi pesado, encaminhado aos 500 mL de água e misturado por 5 minutos; em seguida, encaminhado para o recipiente que comportava todos os materiais secos (areias e cimento) já misturados, como mostra a figura 2; por fim, foram usados os 86,7 mL de água para lavar o béquer.

Figura 2: Materiais secos já misturados



Fonte: Autor

3.4 ENSAIOS

Para a realização dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, foram utilizados moldes prismáticos metálicos com dimensões de 4x4x16 cm.

As elaborações dos corpos de prova seguiram as recomendações estabelecidas pela ABNT NBR 13279 (ABNT, 2005). A quebra dos corpos e o estudo dos dados foram realizados em 3 idades, 7, 14 e 28 dias, e, para cada data, foram ensaiados 3 corpos de provas de cada traço.

Ressalta-se que todas essas etapas foram repetidas, pois foram analisados dois tipos de dispersão do NTC, totalizando-se 63 corpos de provas.

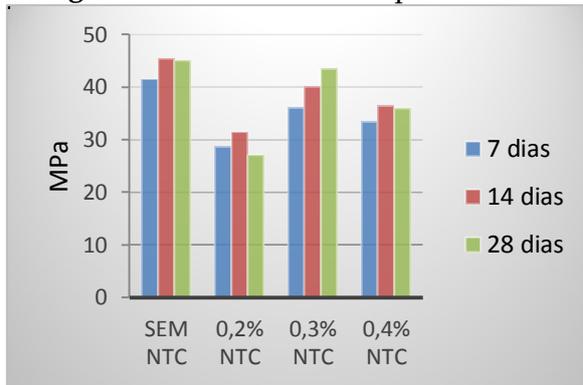
4 RESULTADOS

O estudo almejou analisar as propriedades mecânicas de resistência à compressão e à tração em argamassas de cimento Portland, com a adição de Nanotubos de Carbono de paredes múltiplas (*MWCNT- Multi-walled carbon nanotubes*), com 90% Carbon Basic.

4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E A TRAÇÃO

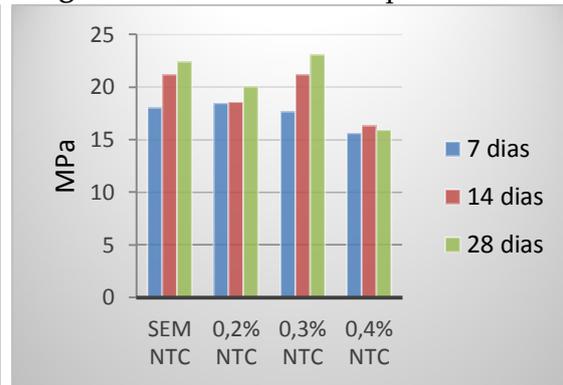
Para realizar os ensaios de resistência à compressão e à tração, foi utilizada uma Prensa Universal EMIC, obtendo-se os seguintes resultados.

Figura 1: Resistência à compressão SD



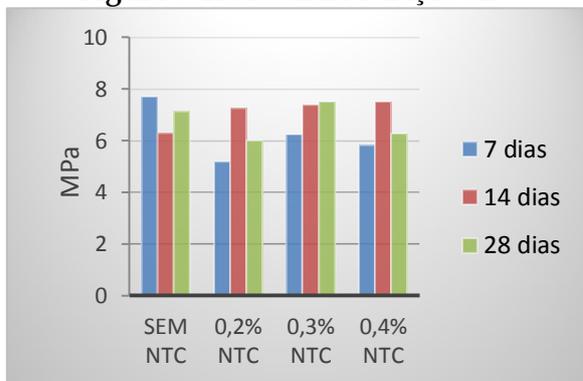
Fonte: Autor

Figura 2: Resistência à compressão CD



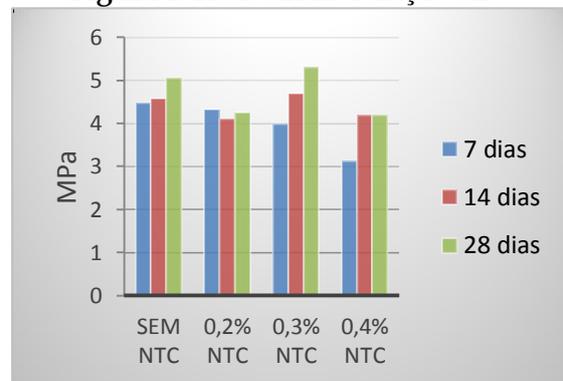
Fonte: Autor

Figura 3: Resistência à tração SD



Fonte: Autor

Figura 4: Resistência à tração CD



Fonte: Autor

Fica evidente que a dispersão com banho de ultrassom influenciou os resultados. As figuras 1 e 3 mostram os resultados da etapa 1 da pesquisa (sem dispersão), em que o traço REF apresentou melhores propriedades mecânicas que os demais. Em relação às diferentes concentrações de NTC, a que se mostrou mais promissora nesta etapa foi o traço com 0,3% de NTC, visto que, na resistência à compressão aos 28 dias, foi alcançado um valor de 43,5 MPa, ficando pouco atrás do traço REF que, na mesma idade, chegou aos 45,8 MPa.

Na segunda etapa (com dispersão através do banho ultrassom e uso do surfactante), o traço com 0,3% de NTC mostrou melhores resultados aos 28 dias, conseguindo alcançar 23,06 MPa na sua resistência à compressão, ficando acima dos demais traços.

Além disso, na segunda etapa também foi possível notar um crescimento maior de resistência mecânica quando comparado o Traço REF e o Traço com 0,3%. O traço REF teve um crescimento de 19,22%; já o traço com 0,3% de NTC teve um crescimento de 23,28%.

Julga-se que as propriedades mecânicas abaixaram relativamente quando se compara o Traço REF com e sem dispersão, devido ao uso do Surfactante Lauril Éter Sulfato de Sódio nos traços com dispersão, pois o surfactante incorporou ar nos corpos

de provas.

4.2 DISPERSÃO DOS NANOTUBOS DE CARBONO

A dispersão com o uso do banho ultrassônico teve resultados satisfatórios, pelo fato de que todo o material foi disperso na água, como mostra a figura 5, ou seja, a dispersão se mostrou importante para garantir uma molhagem prévia e eficiente da área das partículas de nanotubos de carbono.

No entanto, a dispersão manual do NTC na água não teve resultados positivos como previsto. As partículas de NTC não se ligaram com as partículas de água, como mostra a figura 6. Por esse motivo, em alguns corpos de provas, os resultados ficaram oscilando, visto que os NTC tendem a se aglomerar em determinadas áreas dos corpos de prova, assim o local de quebra dos corpos de prova pode ou não ter a presença de NTC.

Figura 5: Dispersão do NTC na água com utilização do banho ultrassônico



Fonte: Autor

Figura 6: Dispersão manual do NTC na água



Fonte: Autor

Os resultados mostraram que houve dispersão adequada com a aplicação de

energia ultrassônica e que os Nanotubos de Carbono de paredes múltiplas podem reforçar a matriz de cimento ao aumentarem a quantidade de C-S-H e reduzirem a porosidade.

5 CONCLUSÃO

Nos ensaios de resistência à compressão e flexão sem o uso do banho ultrassom, os NTC não se mostraram bem sucedidos, visto que o traço referencial revelou uma melhor resistência mecânica; os traços com adições de NTC mostraram maior variação e maior desvio padrão. Isso se justifica pelo fato de que houve concentração dos NTC em variadas partes da argamassa.

Pode-se concluir que a forma de dispersar os NTC na água influencia suas propriedades mecânicas. Prova-se isso porque o traço 0,3% mostrou um crescimento de resistência, nas idades de 7 a 28 dias, 4,06% maior que o traço REF. Comparando-se suas resistências à compressão aos 28 dias, o traço 0,3% obteve resistência 3,2% maior que o traço REF. Acredita-se que, ao se analisar idades mais prolongadas, os NTC irão demonstrar resultados ainda mais satisfatórios.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 7214**: areia normal para ensaios de cimento. Rio de Janeiro 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: cimento Portland: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

CINCOTTO, Maria Alba. Reações de hidratação e pozolânicas: introdução. In: HELENE, Paulo *et al.* **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: Geraldo Cechella Isaia, 2011. cap. 11, p. 381-382. v. 1.

FOLDYNA, Josef; FOLDYNA, Vladimír; ZELEĚÁK, Michal. **Dispersion of carbon nanotubes for application in cement composites**. 2016. 6 p. Artigo científico - ICMEM, International Conference on Manufacturing Engineering and Materials, República Tcheca, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 25 fev. 2018.

GILLANI, Syed Shujat *et al.* **Improving the mechanical performance of cement composites by carbon nanotubes addition**. 2017. 7 p. Artigo científico (XXXIV Italian Group of Fracture Conference)- Mirpur University of Science and Technology,

University of Science and Technology, Urbino, 2017. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 24 fev. 2018.

LEMES, P.S. L. **Caracterização do comportamento mecânico e térmico de argamassas de cimento Portland com adição de nanotubo de carbono**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2016.

MARCONDES, Carlos Gustavo Nastari. **Adição de nanotubos de carbono em concretos de cimento Portland: absorção, permeabilidade, penetração de cloretos e propriedades mecânicas**. 2012. 143 p. Dissertação (Mestrado) - UFP, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/GNPLUN>>. Acesso em: 24 fev.2018.

MEHTA, P. Kumar. Cimentos Hidráulicos: cimento Portland. In: MEHTA, P. Kumar ; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Califórnia, Berkeley, Estados Unidos: Nicole Pagan Hasparyk, 2014. cap. 6, p. 217-218. v. 1.

MEHTA, P. Kumar ; MONTEIRO, Paulo J. M. Microestrutura e propriedades do concreto endurecido: vazios na pasta de cimento hidratada. In: MEHTA, P. Kumar ; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Califórnia, Berkeley, Estados Unidos: Nicole Pagan Hasparyk, 2014. cap. 2, p. 32-34. v. 1.

MELO, Valquíria Silva. **Nanotecnologia aplicada ao concreto: efeito da mistura física de nanotubos de carbono em matrizes de cimento Portland**. 2009. 147 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

PETRUCCI, Eladio G. R. Cimento Portland: hidratação do cimento. In: PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1978. cap. 3, p. 12-13. v. 1.

VALADARES, Eduardo Campos. O Potencial gigantesco do infinitamente pequeno: o nanomundo em Evidência. In: VALADARES, Eduardo Campos; ALVES, Esdras Garcia; CHAVES, Alaor Silverio. **Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia**. [S.l.]: Livraria da Física, 2005. cap. 4, p. 51-52. v. 1.

ZARBIN, A. J. G. Química de nano materiais. **Quím. Nova**, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, v. 30, n. 6, p. 1469-1479, 2007. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No6_1469_15-S07432.pdf. Acesso em: 25 fev. 2018.

Planejamento associado com o controle de execução de serviços em edifício de Patos de Minas – MG

Planning associated with service execution control in a building in Patos de Minas - MG

Alessandra Ferreira Peçanha

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: alessandrafp@unipam.edu.br

Giselle Melo Amorim

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: gisellemelo@unipam.edu.br

Rogério Borges Vieira

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: rogeriobv@unipam.edu.br

Resumo: O planejamento e o controle de obras são ferramentas de grande importância na tomada de decisões que possam reduzir os custos, aumentar a produtividade e não permitir que somente no final do empreendimento seja possível verificar distorções. Tal importância foi justificada de forma prática, quantificando e acompanhando a produtividade da mão de obra nos serviços de alvenaria (assentamento e reboco) e elaborando um planejamento das atividades. Foram observadas, durante o controle, dificuldades pela demora da chegada dos materiais ao posto de trabalho, bem como pela ausência de material na obra. Ao identificar tais falhas, foram adotadas ações corretivas de forma a aperfeiçoar a entrega dos materiais, melhorando significativamente a produtividade dos funcionários e reduzindo, conseqüentemente, os prazos e os custos. O controle de execução de obras vinculado ao planejamento se apresentou como técnica eficaz para reduzir os custos adicionais provenientes de improvisações, perdas, e baixa produtividade.

Palavras-chave: Controle de Obras. Orçamento. Planejamento. Produtividade. Programação.

Abstract: Construction planning and control are important tools in decision-making that can reduce costs, increase productivity and do not only allow distortion verification at the end of the project. This importance was justified in a practical way, quantifying and monitoring labor productivity in the masonry services (settlement and plastering) as well as elaborating a planning of activities. By identifying such flaws, corrective actions have been taken to improve material delivery, significantly improving employee productivity and thereby reducing time and costs. Construction execution control linked to planning has proven to be an effective technique for reducing additional costs from improvisation, loss, and low productivity.

Keywords: Construction Control. Budget. Planning. Productivity. Programming.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais representativos da indústria brasileira, sendo diretamente afetado por toda alteração de conjuntura econômica. Nesse contexto, o planejamento e o controle de obras são ferramentas de grande importância para as organizações empresariais se ajustarem às demandas da economia, sem que isso gere prejuízos e sem afetar o desempenho do empreendimento.

A produtividade é uma medida subjetiva e inconstante, podendo variar de acordo com as condições de execução. No âmbito da construção civil, a mão de obra é o recurso em que são verificadas as maiores perdas e que apresenta grandes dificuldades no seu controle (SOUZA; AGOPYAN, 1996). Segundo o IBGE (2014), a mão de obra é o item de maior custo significativo em uma obra, representando 33,1%, seguido do consumo de materiais de construção, com 24,7% do custo total.

O planejamento e o controle de obra podem auxiliar na contenção dos desperdícios, de maneira que permitem ao gestor tomar atitudes proativas na correção dos rumos da produção de um empreendimento, não permitindo que somente no final seja possível verificar distorções ou eventuais prejuízos. O estudo e a aplicação do planejamento associado ao controle de execução se justificam pelo fato de que tais mecanismos permitem a identificação de possíveis falhas que poderão gerar perdas físicas e financeiras.

No contexto da pesquisa, selecionaram-se os serviços relacionados à alvenaria, que podem representar até 10,5% do custo total de uma obra residencial de nível médio (MATTOS, 2014). Sendo assim, a análise da atividade especificada pode ser aplicada às demais, representando a importância do planejamento para a obra como um todo e sendo, portanto, uma ferramenta de primordial importância para gestão de obra.

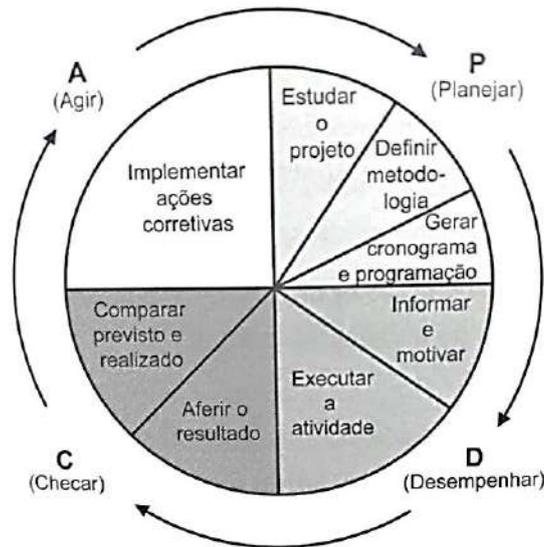
O objetivo geral desse estudo consistiu em justificar a importância do planejamento associado ao controle executivo na construção civil. Visando a alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: quantificar e acompanhar a produtividade da mão de obra nos serviços de alvenaria (assentamento e reboco) de uma obra em Patos de Minas - MG; elaborar um planejamento associado com o controle de execução, com base nos dados de produtividade das Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos - TCPO (2012) e com o auxílio do MS *Project*; verificar, por meio dos dados planejados e dos dados coletados, a coerência de acordo com a etapa planejada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ciclo de vida de um empreendimento auxilia na compreensão e na contextualização dos diferentes tipos de orçamento, do planejamento e de outros conceitos relacionados à indústria da construção civil (TCPO, 2012). As fases do ciclo geram produtos que servem de entrada para as fases subsequentes e precisam ser desempenhadas em tempo suficiente para atingir os objetivos. (MATTOS, 2010)

Todo processo deve ter um controle permanente, de forma que seja possível aferir o desempenho e realizar as devidas alterações para atingir as metas necessárias. Tal controle baseia-se no princípio da melhora contínua, que é fundamental no ciclo PDCA (Planejar, Desempenhar, Checar, Agir). Mattos (2010, p. 37) define o ciclo PDCA como “o conjunto de ações ordenadas e interligadas entre si dispostas em um círculo em que cada quadrante corresponde a uma fase do processo”, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Ciclo de vida do projeto.



Fonte: Mattos, 2010.

O ciclo PDCA se aplica de forma contínua, sendo assim, após se encerrar o processo de checar e agir, retorna-se novamente ao planejamento, sendo repetido sucessivas vezes até que o projeto se encerre. Nesse contexto, para que o ciclo de vida seja bem executado, o gerenciamento se torna uma ferramenta essencial. O gerenciamento de projetos envolve as tarefas de planejamento, de programação e de controle das operações. A diversidade de atividades dinâmicas e complexas da construção explica a necessidade de um planejamento e de um gerenciamento efetivo do empreendimento, a fim de torná-lo viável técnica e financeiramente dentro do mercado competitivo.

Candido, Carneiro e Heineck (2014, p.1418) afirmam que

as dificuldades de gestão, aliadas a incerteza e a complexidade proeminentes no gerenciamento da construção, têm levado as empresas a buscarem técnicas de gestão cada vez mais sofisticadas para garantir o monitoramento e controle das suas atividades de forma eficaz. Normalmente, estas técnicas estão fortemente ligadas à gestão de custos na construção, visto como principal fator e motivador de mudanças organizacionais.

O planejamento é um conjunto de processos que estabelecem decisões e ações, visando a cumprir os objetivos previamente definidos. Decisões do tipo *o que fazer*,

como fazer, quando fazer e quem fará resultam em definições de escopo, prazo, custo, qualidade e risco. (VALLE *et al*, 2010).

Segundo Mattos (2010, p. 25), “há empresas que planejam, mas o fazem mal; outras que planejam bem, mas não controlam; e aquelas que funcionam na base da total improvisação”. Algumas construtoras acreditam que a experiência de seus profissionais é suficiente para garantir o cumprimento do prazo e do orçamento, entretanto tal crença nem sempre gera resultados satisfatórios.

O ato de planejar requer muito tempo e conhecimento específico, sendo exigida a experiência do planejador, principalmente no canteiro de obra, tendo em vista que é nesse local de trabalho que surgem os contratemplos. Segundo Mattos (2010), quando se planeja, os construtores adquirem um avanço na percepção de cada processo construtivo, o que possibilita tomar uma decisão adequada em situações desfavoráveis.

Araújo e Meira (1997) e Resende (2013) são unânimes em afirmar que deve ser produzido um planejamento que proporcione maior segurança e menor custo final, juntamente com a redução do tempo de execução dos projetos. Ainda segundo Resende (2013, p.28), “o planejamento deve ser simples para que o mestre de obra possa entender, e sintético o suficiente para o presidente da empresa ter tempo para isto”.

Segundo Resende (2013), a ausência de um planejamento em uma obra provoca falhas nas etapas de execução, podendo gerar a ineficiência dos recursos humanos e materiais de obra. Tal ineficiência acarreta, conseqüentemente, atrasos e elevação dos custos, prejudicando o empreendimento como um todo.

De acordo com Taves (2014), quanto melhor a gestão durante o planejamento e no controle de todas as etapas, maior será a possibilidade de o empreendimento ser bem-sucedido, tanto técnica como financeiramente. Um orçamento, se bem executado, com informações confiáveis, gera resultados precisos, podendo se referir ao todo de um empreendimento, ou se referir apenas a alguns serviços específicos (SOUZA, 2010).

Assed (1986, *apud* ARAÚJO; MEIRA, 1997) complementa que, para se ter uma redução do custo de uma obra, é essencial que seja planejada e controlada, descartando-se, assim, os custos adicionais provenientes de improvisações, perdas, baixa produtividade, entre outros.

A definição dos custos é feita a partir da identificação dos serviços, do levantamento de quantitativos, da discriminação dos custos diretos e indiretos, da cotação de preços e da definição de encargos sociais e trabalhistas. A empresa pode usar composições de custos próprias ou obtê-las em publicações especializadas como a TCPO, que é a publicação mais completa e difundida do mercado (MATTOS, 2014).

Araújo e Meira (1997) consideram que as pequenas empresas utilizam os índices e composições de publicações especializadas, enquanto grandes empresas utilizam seus próprios índices, adquiridos através dos acompanhamentos realizados em diversas obras, gerando um resultado verídico. Scardoelli (1994, *apud* ARAÚJO; MEIRA, 1997) complementa que as empresas têm apresentado uma crescente preocupação em valorizar a tarefa de orçamentação, não mais como um serviço burocrático, mas sim como um instrumento de controle de custos e de integração entre os vários setores da empresa.

A associação do orçamento com o cronograma, também chamado de cronograma físico-financeiro, permite a análise de gastos por etapa, antecipando assim os recursos necessários para construir a edificação e auxiliando na identificação e contenção de possíveis desvios (TAVES, 2014). Outra alternativa para elaboração do cronograma físico-financeiro é fazer o cronograma físico e lançar os custos das atividades mensalmente.

Segundo Cardoso (2010), é necessário que haja a decomposição do orçamento para facilitar a elaboração do cronograma físico, por meio de softwares de gerenciamento, possibilitando a inclusão do planejamento físico com o orçamento. A ferramenta Microsoft Project utiliza os preceitos da EAP – Estrutura Analítica do Projeto – na organização das tarefas, de modo a atender os objetivos dos construtores, atribuir recursos, acompanhar suas atividades e estimar os custos do projeto. Snyder e Muir (2015) afirmam que, para identificação das atividades, é necessária a criação da EAP, que é uma representação hierarquicamente organizada de todo o trabalho do projeto.

Segundo Queiroz (2001), os objetivos da elaboração de um programa de tempo servem não só para se determinarem o início e o término da obra, ditos como prazo global, mas também para se designar como a obra será executada por toda a sua extensão de construção, ou seja, para se determinarem prazos parciais em relação aos seus serviços e etapas construtivas. Após se identificarem as atividades, é feita a definição das suas durações, que é a quantidade de tempo que a tarefa leva para ser executada. “A duração depende da quantidade de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados” (MATTOS, 2010, p.47).

De acordo com os pesquisadores Alberton e Ensslin (1994, *apud* ARAÚJO E MEIRA, 1997) e Queiroz (2001), existem vários instrumentos que auxiliam na elaboração do planejamento de obras e controle de obras, como o Diagrama de *Gantt* e as redes PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method*), entre outros, os quais possibilitam melhorias no desempenho da obra, além de evitarem ações emergenciais relacionadas às situações enfrentadas no decorrer do dia a dia.

Na elaboração da sequência das atividades, é possível haver caminhos que não são críticos, ou seja, é possível haver uma folga para a execução das atividades. Diferentemente, quando há caminhos críticos na rede, é exigida uma maior dedicação de todos os envolvidos nas atividades, para que não haja a ocorrência de atrasos (CARDOSO, 2010).

Segundo Resende (2013), os atrasos ocorridos em uma construção impactam negativamente na execução das atividades dentro dos prazos estabelecidos e no controle dos custos. Além disso, afirma que as consequências de uma avaliação de desempenho ineficiente ou até mesmo a sua ausência tendem a prejudicar todos os envolvidos, pela falta de controle dessas atividades, dispondo, assim, de um produto final sem qualidade.

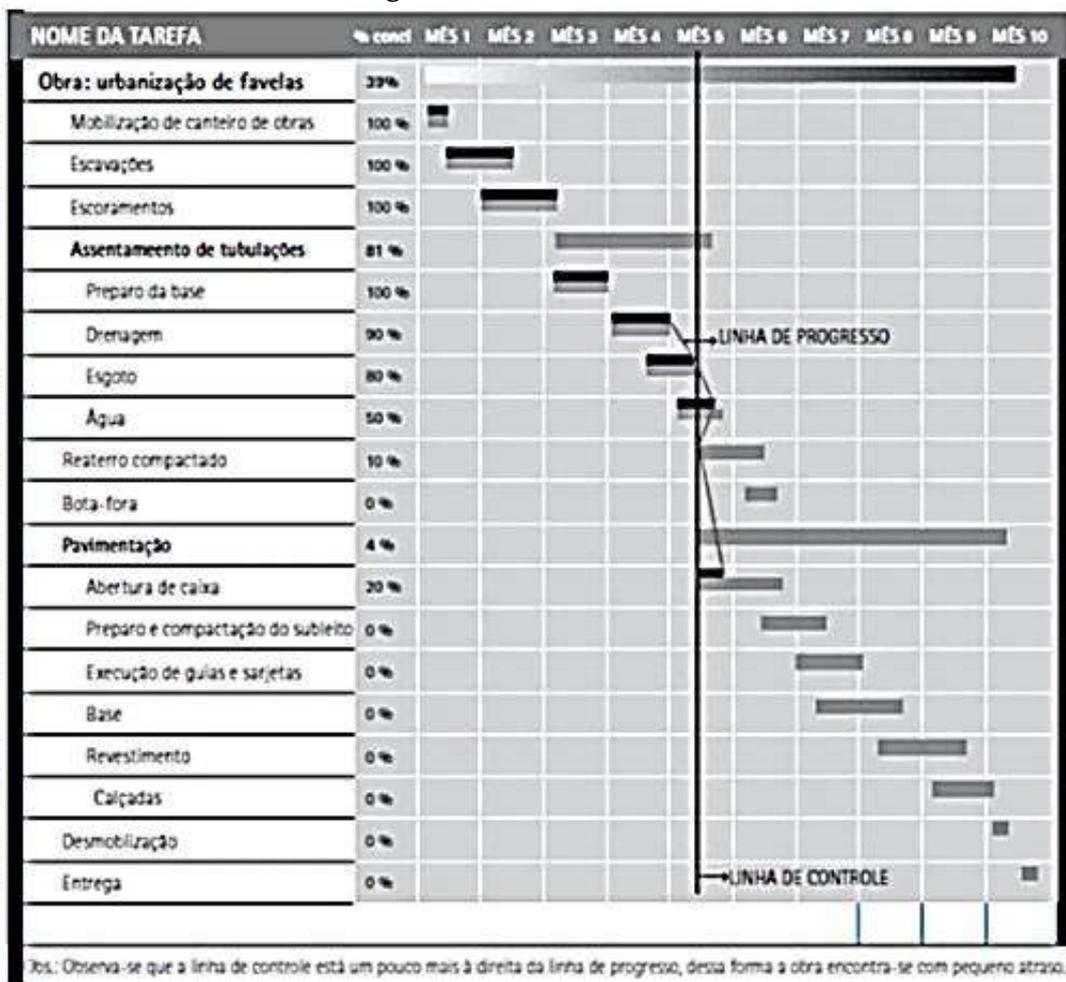
O controle gerencial de uma obra é realizado por meio do acompanhamento e da avaliação, fornecendo subsídios para as análises físicas, econômicas e financeiras e estabelecendo os critérios lógicos para a tomada de decisões (ARAÚJO; MEIRA 1997). O autor supracitado complementa que por meio do controle é possível identificar e

quantificar os desvios relativos às previsões originais e adotar ações corretivas para se obterem os resultados desejados.

Cardoso (2010) afirma que o controle é feito a partir da medição dos serviços executados e recomenda que os acompanhamentos sejam visualizados graficamente, por meio de um cronograma físico-financeiro. Tal acompanhamento é fundamental, pois permite determinar o desembolso mensal e detectar os atrasos, sendo possível ainda propiciar o replanejamento.

A Figura 2 representa um modelo de controle físico realizado por um software. Cardoso (2010) afirma que, se a linha de controle estiver centralizada com a de progresso, o planejado está sendo seguido; se a linha estiver mais à direita da linha de progresso, a obra está atrasada; se estiver mais à esquerda, a obra está adiantada.

Figura 2 - Controle Físico



█ resumo do projeto ou etapa █ atividade realizada █ atividade prevista

Fonte: Cardoso, 2010.

As planilhas geradas pelos softwares permitem que as quantidades dos serviços acompanhados sejam comparadas com o previsto. Com as planilhas, é possível fornecer, conseqüentemente, subsídios para análises de custos unitários, consumos e

perdas, bem como as quantidades de horas consumidas pela mão-de-obra e seus respectivos índices de produtividade (QUEIROZ, 2001).

Na avaliação da produtividade, as perdas devem ser devidamente observadas, visto que acrescentam o consumo teoricamente necessário que, dependendo do caso, pode ser relativamente elevado (CARDOSO, 2010). Cardoso (2010, p.297) afirma que “perda é a diferença entre o consumo real e aquele teoricamente necessário para a execução de um determinado serviço”. As perdas, em geral, aumentam os custos e o volume de resíduos, gerando impactos que perduram por todo o ciclo de vida do projeto, sendo intensificadas pelo baixo grau de industrialização e pelas deficiências de gestão em todo o processo (CBCS 2014).

Formoso *et al* (1997, p.3-4) apresenta as perdas, de maneira sintética, em nove categorias:

- (a) Perdas por superprodução: refere-se às perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores às necessárias, como, por exemplo: produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho, excesso de espessura de lajes de concreto armado.
- (b) Perdas por substituição: decorrem da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, tais como: utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada, utilização de tijolos maciços no lugar de blocos cerâmicos furados.
- (c) Perdas por espera: relacionadas com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Podem envolver tantas perdas de mão de obra quanto de equipamentos, como, por exemplo, paradas nos serviços originadas por falta de disponibilidade de equipamentos ou de materiais.
- (d) Perdas por transporte: as perdas por transporte estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um layout ineficiente, como, por exemplo: tempo excessivo despendido em transporte devido a grandes distâncias entre estoques e o guincho, quebra de materiais devido ao seu duplo manuseio ou ao uso de equipamento de transporte inadequado.
- (e) Perdas no processamento em si: têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos. Decorrem da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão de obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos. São exemplos deste tipo de perdas: quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações; quebra manual de blocos devido à falta de meios-blocos.
- (f) Perdas nos estoques: estão associadas à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros na orçamentação, podendo gerar situações de falta de locais adequados para a deposição dos mesmos. Também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital, como por exemplo: custo financeiro dos estoques, deterioração do cimento devido ao armazenamento em contato com o solo e ou em pilhas muito altas.

(g) Perdas no movimento: decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades e podem ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, falta de estudo de layout do canteiro e do posto de trabalho, falta de equipamentos adequados, etc. São exemplos deste tipo de perda: tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho devido à falta de programação de uma sequência adequada de atividades; esforço excessivo do trabalhador em função de condições ergonômicas desfavoráveis.

(h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Geralmente, originam-se da ausência de integração entre o projeto e a execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo; da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento dos operários. Resultam em retrabalhos ou em redução do desempenho do produto final, como, por exemplo: falhas nas impermeabilizações e pinturas, descolamento de azulejos.

(i) Outras: existem ainda tipos de perdas de natureza diferente dos anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

Existem certos eventos que prejudicam a produtividade da mão de obra, no entanto não dependem do controle, denominados anormalidades, como exemplo a ocorrência de chuvas. Souza e Agopyan (1996, p.4) afirmam que “para ser considerada uma anormalidade o evento deve ser bastante significativo, durando ou tendo seus efeitos sentidos durante várias horas e representando condições bastante distantes da normalidade”.

O estudo da produtividade para Souza e Agopyan (1996) refere-se a uma avaliação da eficiência do processo produtivo de forma a reduzir os desperdícios, feita através do conhecimento e do contexto do trabalho que se está executando. Nesta perspectiva, Mattos (2014 p. 71) atesta que “enquanto o consumo de material necessário pode ser levantado de forma exata definir a produtividade da mão de obra é um processo empírico que depende de uma série de fatores, como experiência, grau de conhecimento dos serviços”.

A medida da produtividade fornece, por meio de dados históricos, um índice de duração das atividades, permitindo ao planejador distribuí-las e programá-las no tempo, ou seja, realizar o cronograma. Esses índices podem ser coletados da própria obra (os construtores geram um banco de dados pessoais), como também podem ser utilizados modelos prontos, como as composições da TCPO (2012), da Editora PINI. Além de auxiliar no cronograma e no orçamento, a TCPO fornece as produtividades mínima, máxima e mediana de diferentes serviços da construção, assim como uma lista com os fatores que facilitam ou dificultam a execução das tarefas.

As fontes de índices mais recomendáveis são os índices obtidos pela apropriação de dados dos serviços executados, visto que, por mais abrangentes que sejam os conjuntos de composições de custos unitários que um livro possa conter, cada obra tem sua singularidade (MATTOS, 2014). O autor ainda afirma que o índice reflete a realidade da obra, fornecendo parâmetros para comparar o orçado com o realizado,

detectar desvios e estabelecer metas de desempenho às equipes para maximizar o lucro das atividades.

Segundo Souza e Agopyan (1996, p.2), “a produtividade da mão de obra pode ser medida por meio de um índice parcial, denominado razão unitária de Produção (RUP)”, que é expressa em homem-hora pela unidade de produto gerado, conforme demonstra a Equação (1).

$$RUP = \frac{Hh}{Qs} \quad (1)$$

Hh = medida do esforço humano despendido, em homens-hora, para a produção do serviço

Qs = quantidade de serviço.

Assim como Souza e Agopyan (1996), Mattos (2014) confirma que quanto maior o valor da RUP menor é a produtividade, sendo, portanto, medidas inversamente proporcionais. Mattos (2014) complementa que, para análise dos índices obtidos, é importante registrar, além dos dados essenciais, como quantidade de pessoas, horas consumidas e unidades realizadas, algumas informações complementares, como o clima, fatores de ineficiência e imprevistos.

As Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos – TCPO (2012) contêm as composições dos insumos, bem como as faixas de produtividade variável para alguns serviços. A faixa de produtividade é uma escala que mostra os valores mínimo, máximo e mediano da produtividade de um serviço.

Para realizar um orçamento, deve-se atentar aos fatores que influem na produtividade da obra, de forma a definir o nível de produtividade a adotar. Souza e Agopyan (1996) e Mattos (2014) são unânimes em afirmar que quando não houver valores ou informações sobre a obra em questão ou quando se tratar de um estudo de viabilidade, deve-se optar pela mediana da faixa de valores para a previsão da duração do serviço.

Devido ao fato de os dados fornecidos tratarem de médias, a TCPO (2012) recomenda que sejam observadas as restrições para que a composição selecionada seja similar às condições que deseja se representar.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa fundamenta-se em um estudo de caso de planejamento e controle de execução dos serviços de alvenaria, de assentamento e de reboco de um edifício em Patos de Minas– MG. A identificação e a localização do empreendimento foram mantidas em sigilo a pedido dos proprietários, sendo o edifício denominado, portanto, como Edifício X.

O projeto do Edifício X consiste em um empreendimento de uso comercial e residencial, com área total construída de 7173,96 m² e com 10 pavimentos, sendo o subsolo e o pavimento térreo destinados à garagem, os pavimentos do 2º ao 3º andar destinados a salões para uso comercial e os demais pavimentos destinados a uso

residencial, com 7 apartamentos do 4º ao 6º andar e com 5 apartamentos do 7º ao 9º andar.

Os funcionários do Edifício X alocados nas atividades de alvenaria e reboco são pedreiros classificados em sua carteira profissional de acordo com o nível de desempenho, sendo os pedreiros de categoria A os com maior experiência e os pedreiros de categoria B, com menor experiência. A jornada de trabalho dos funcionários foi de 9 horas diárias, e o pagamento realizado por dia de serviço teve o valor de R\$136,00 para o pedreiro de categoria A e R\$110,00 para o pedreiro de categoria B. Os funcionários envolvidos nos serviços foram caracterizados conforme demonstrado no Quadro 1, para melhor visualização dos resultados.

Quadro 1 - Caracterização dos funcionários

Funcionário	Classificação	Abreviação
Pedreiro 1	A	P1A
Pedreiro 2	A	P2A
Pedreiro 3	A	P3A
Pedreiro 4	B	P4B
Pedreiro 5	A	P5A
Pedreiro 6	B	P6B
Pedreiro 7	B	P7B
Pedreiro 8	A	P8A

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2017.

Para avaliação da atividade do assentamento, o estudo de caso foi realizado do 4º ao 9º andar e para a atividade do reboco, do 4º ao 7º andar, visto que os dados foram coletados no período de março a agosto de 2017, período em que o reboco ainda não havia sido finalizado. Ressalta-se que, no início do estudo, a obra não possuía nenhuma forma de controle sobre a produtividade dos funcionários pelas suas atividades.

O controle de execução foi realizado por meio do levantamento diário de dados de produtividade em obra, com base na metodologia descrita por Souza e Agopyan (1996), a fim de se obter a Razão Unitária de Produção – RUP – de cada funcionário por pavimento: quanto menor for o valor da RUP, maior a produtividade de um serviço.

Os serviços de assentamento e reboco da alvenaria foram acompanhados durante todo o período de trabalho, considerando as eventuais interferências que surgiram na produtividade dos funcionários.

Considerando-se os dados de produtividade da mão de obra fornecidos pela TCPO (2012) e comparando-os com os dados alcançados pela RUP, avaliou-se em qual nível a equipe de cada pavimento se enquadrava melhor, entre o mínimo, o máximo ou o mediano. A partir do nível de produtividade alcançado foi feito um planejamento das atividades já realizadas, de modo a verificar a coerência dos dados previstos e executados.

O planejamento das atividades foi realizado utilizando-se o software Microsoft Project, versão 2013. O software forneceu o cronograma de execução das tarefas por

meio das seguintes variáveis: quantidade de serviços de alvenaria e reboco; quantidade de funcionários; quantidade de horas trabalhadas por dia; produtividade da equipe.

A quantidade de serviços de alvenaria e reboco foi levantada de acordo com o projeto arquitetônico do edifício, com o propósito de se levantarem as áreas de parede e compará-las com o que foi medido. A quantidade de funcionários foi determinada de acordo com a mão de obra alocada por pavimento e as horas trabalhadas referentes à jornada de trabalho integral, desconsiderando-se os eventuais desvios. Para a produtividade, foi considerado o nível da TCPO (2012) do qual mais se aproximou a produtividade real da equipe verificada no controle da execução das tarefas.

Após a elaboração do cronograma, verificou-se o que foi executado e comparou-se com o planejamento, estimando também o custo da mão de obra para execução dos serviços em ambos os casos. Por meio dos dados alcançados, portanto, avaliou-se e justificou-se a importância do planejamento associado ao controle executivo para um adequado gerenciamento de obras.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Conforme abordado anteriormente, no início do estudo a obra não possuía nenhuma forma de controle sobre a produtividade dos funcionários pelas suas atividades. Após o acompanhamento das atividades, os pedreiros passaram a apresentar mais empenho e dedicação nas tarefas, a fim de gerarem resultados positivos para empresa. Em relação ao serviço de assentamento da alvenaria, houve grande dificuldade devido à demora da chegada dos materiais ao posto de trabalho, gerando atrasos no desenvolvimento da produção diária. Houve também momentos em que não havia material na obra, como a areia fina, perdendo quase metade do dia de serviço.

Formoso *et al* (1997) determina que tais ocorrências são caracterizadas como perdas, sendo elas por espera pelo fato de ter faltado materiais; por transporte devido a grandes distâncias entre estoques e o guincho; e por estoque pela falha na programação na entrega dos materiais. Ao serem identificadas tais falhas que geraram perdas, foram adotadas ações corretivas de forma a aperfeiçoar a entrega dos materiais: a entrega dos tijolos era realizada ao final do expediente, e a produção da argamassa era iniciada antes do horário do começo da execução, a fim de que, no momento da tarefa, os materiais já estivessem disponíveis.

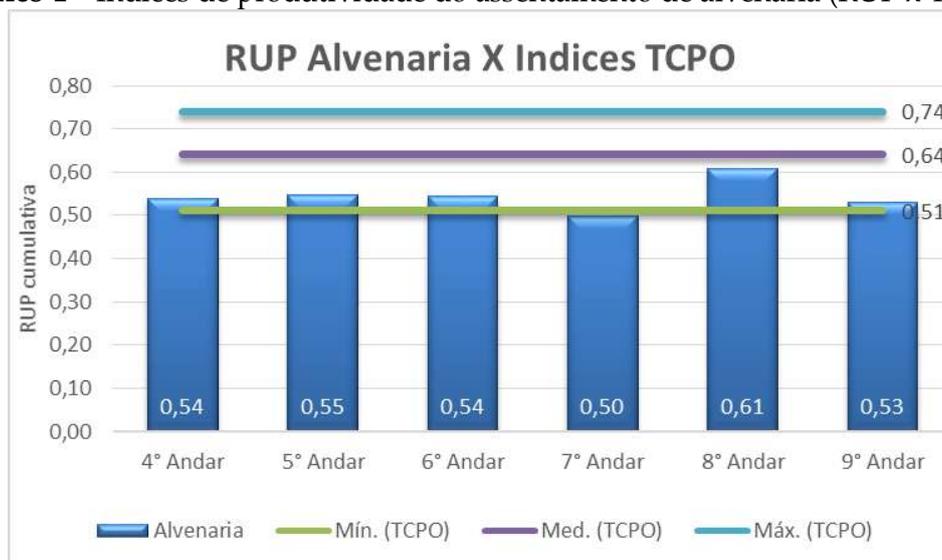
Por meio das medidas adotadas, houve uma melhora significativa dos funcionários na produtividade, principalmente para o reboco. O aproveitamento diário da produção do reboco apresentou resultado positivo quando comparado com o de serviço de assentamento da alvenaria, visto que as horas trabalhadas no dia eram, em sua maioria, equivalentes com a carga horária de trabalho. Além disso, foi obtida a média de produção por hora de cada funcionário, ou seja, a RUP cumulativa dos serviços.

Mattos (2014) afirma que, por meio do acompanhamento da obra, é possível identificar as produtividades reais e dimensionar a quantidade de trabalhadores para uma dada duração do serviço. Sendo assim, para o 9º andar, foi selecionado o pedreiro P2A que obteve maior rendimento durante o controle realizado. Tal atitude

demonstrou a importância do controle para a adoção de ações corretivas, conforme abordado por Araújo e Meira (1997). As produtividades dos pedreiros em geral apresentaram melhorias de um pavimento para outro, devido ao efeito de aprendizado pela repetição da mesma tarefa. Tal efeito remete-se ao princípio da melhora contínua, que é fundamental no ciclo PDCA (MATTOS, 2010).

Para se identificar de qual índice da TCPO os funcionários mais se aproximaram, foram expostos graficamente os resultados para os serviços do assentamento e do reboco, respectivamente no Gráfico 1 e no Gráfico 2.

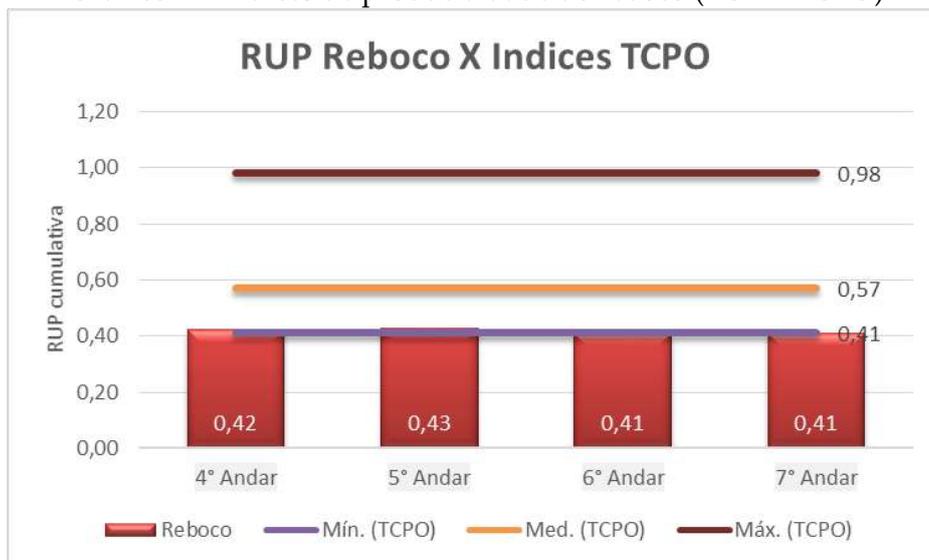
Gráfico 1 – Índices de produtividade do assentamento de alvenaria (RUP x TCPO)



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2017.

O Gráfico 1 demonstra que a RUP cumulativa das equipes alocadas para o assentamento de alvenaria se aproxima do índice mínimo da TCPO (2012), equivalente a 0,51 Hh/m². As médias para o 4º, o 5º e o 6º andar foram aproximadamente iguais, devido ao fato de a equipe ser composta por três pedreiros de categoria A e apenas um de categoria B. A produtividade no 7º andar aumentou pela ausência do pedreiro B, que produzia menos que os demais, entretanto, no 8º andar, a equipe foi composta por dois pedreiros A e um B, diminuindo a produtividade. Já no 9º andar, houve apenas um pedreiro A na execução dos serviços, mantendo o índice próximo à média dos demais pavimentos.

Gráfico 2 – Índices de produtividade do reboco (RUP x TCPO)



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2017.

A média de produção das equipes do reboco não apresentou grandes variações, aproximando-se do índice mínimo da TCPO (2012), equivalente a 0,41 Hh/m². Conforme ilustra o Gráfico 2, pode-se observar que as equipes obtiveram médias de produtividade iguais às da TCPO, o que pode indicar a confiabilidade dos orçamentos realizados sem apropriação de bancos de dados.

Segundo Mattos (2014), os índices mais recomendáveis são os obtidos pela apropriação de dados dos serviços executados, no entanto, conforme demonstrado, se não houver o banco de dados, a empresa pode utilizar os índices da TCPO como base para o planejamento inicial dos serviços. Através da medida da produtividade, foi possível realizar o cronograma, obtendo-se informações das durações tanto para o executado, como para o planejado.

O cronograma é uma importante ferramenta de gestão, uma vez que apresenta a posição de cada atividade ao longo do tempo, por meio de um diagrama de rede, possibilitando o entendimento do projeto como um fluxo (MATTOS, 2010). A duração das atividades, segundo Mattos (2010, p.47), “depende da quantidade de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados”. A partir do nível de produtividade alcançado pelas equipes em cada pavimento, de 0,51 Hh/m² para o assentamento da alvenaria e 0,41 Hh/m² para o reboco, foi feito um planejamento das atividades já realizadas, de modo a verificar a coerência dos dados previstos e executados.

As quantidades de serviços medidas foram muito próximas das quantidades descritas em projeto, demonstrando, portanto, a assertividade durante as medições. Do 4º ao 6º andar, a quantidade de serviços para as atividades se mantiveram constantes e, a partir do 7º andar, tal quantidade foi reduzida. Apesar de a área reduzir, a equipe alocada na tarefa de alvenaria também diminuiu, sendo assim não houve mudanças significativas na duração da atividade.

Queiroz (2001) afirma que as planilhas geradas pelos softwares permitem que as quantidades dos serviços acompanhados sejam comparadas com o previsto. Assim,

por meio do Cronograma de *Gantt* gerado, observou-se um atraso geral de três dias para os serviços de assentamento da alvenaria, já para o reboco houve um adiantamento de dois dias em comparação ao planejado. Os atrasos de uma tarefa, segundo Resende (2013), podem prejudicar o empreendimento como um todo, principalmente pela elevação dos custos.

No entanto, ao identificar um atraso, o gestor pode agir corretivamente de modo a tomar uma decisão adequada em situações desfavoráveis, conforme aborda Mattos (2010). Tal correção foi realizada, conforme já mencionado, por meio da melhoria nos processos de entrega dos materiais, compensando o atraso ocasionado.

O principal fator que motiva uma empresa a buscar um gerenciamento da construção é, segundo Candido, Carneiro e Heineck (2014), os gastos finais. Dessa forma, foi realizada uma estimativa de custos da mão de obra utilizada, de modo a comparar com os custos planejados. A estimativa de custos para o assentamento da alvenaria e para o reboco se encontram, respectivamente, na Tabela 1 e na Tabela 2.

Tabela 1 - Estimativa de custo da mão de obra para o assentamento da alvenaria

Custo da mão de obra por pavimento		
Pavimento	ALVENARIA	
	Executado	Planejado
4° Andar	R\$ 5.180,00	R\$ 4.662,00
5° Andar	R\$ 5.180,00	R\$ 4.662,00
6° Andar	R\$ 7.380,00	R\$ 6.642,00
7° Andar	R\$ 4.488,00	R\$ 4.080,00
8° Andar	R\$ 4.202,00	R\$ 3.438,00
9° Andar	R\$ 3.672,00	R\$ 3.536,00
TOTAL	R\$ 30.102,00	R\$ 27.020,00
Diferença	R\$ 3.082,00	

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2017.

Tabela 2 - Estimativa de custo da mão de obra para o reboco

Custo da mão de obra por pavimento		
Pavimento	REBOCO	
	Executado	Planejado
4° Andar	R\$ 6.642,00	R\$ 6.642,00
5° Andar	R\$ 6.020,00	R\$ 6.622,00
6° Andar	R\$ 6.280,00	R\$ 6.908,00
7° Andar	R\$ 5.412,00	R\$ 5.412,00
TOTAL	R\$ 24.354,00	R\$ 25.584,00
Diferença	-R\$	1.230,00

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2017.

Conforme se observa na Tabela 1, houve uma diferença significativa do custo da mão de obra entre o executado e o planejado para o assentamento da alvenaria, com um prejuízo de R\$3082,00. Entretanto, para o reboco, houve um lucro de R\$1230,00, demonstrando assim que as melhorias adotadas foram satisfatórias não apenas para os prazos, mas também para os custos.

Dessa forma, os resultados apresentados sustentam a afirmação de Assed (1986, *apud* ARAÚJO; MEIRA, 1997) de que, por meio do planejamento e do controle, é possível reduzir os custos adicionais provenientes de improvisações, perdas, baixa produtividade, entre outros.

5 CONCLUSÕES

Tendo em vista os aspectos observados, é possível afirmar que tanto o controle como o planejamento se apresentaram como importantes meios de se gerenciar uma obra. Quando vinculados, aumentam a percepção do gestor dos fatores que podem gerar perdas, tornando mais fácil a tomada de decisões que possam reduzir os custos e aumentar a produtividade.

Especificamente para o controle, a partir do momento em que os pedreiros passaram a ter a sua produção acompanhada, eles se mostraram mais empenhados em apresentar algum resultado positivo para empresa. O controle também permitiu que fossem identificadas as causas da improdutividade no canteiro de obras, principalmente para o serviço de assentamento de alvenaria.

A partir disso, os gestores criaram ações corretivas, de modo a melhorar a razão unitária de produção dos funcionários. Os resultados se mostraram positivos, principalmente para o reboco, em que os pedreiros passaram a produzir praticamente durante toda a jornada de trabalho. Pode-se afirmar, portanto, que o controle é uma ferramenta essencial para o gerenciamento de obras, à medida que promove melhorias no processo produtivo.

A elaboração do planejamento associado ao controle trouxe uma visão sobre a influência da apropriação da produtividade dos funcionários na obra. Mesmo que os índices da TCPO sejam nacionais e confiáveis, os índices apropriados são mais precisos e refletem a realidade da obra como um todo. Os índices também podem servir como metas de desempenho e como um incentivo para a melhoria da produção.

Com base nos índices da mão de obra levantados, foi possível realizar uma comparação entre o que ocorreu de fato e o que ocorreria caso a obra seguisse o planejamento. Tal comparação foi claramente observada pelo cronograma, que demonstrou os atrasos na atividade de assentamento da alvenaria e a assertividade do planejado para o reboco.

O controle dos custos, embora realizado apenas para o serviço da mão de obra, apresentou resultados significativos. Para o assentamento da alvenaria, o atraso gerou um prejuízo para a empresa, que gastaria menos com a mão de obra se tivesse cumprido os prazos do planejamento. Entretanto, houve também uma redução do custo no reboco por meio de medidas adotadas para melhorias na produtividade. Sendo assim, constata-se que o planejamento e o controle são de grande importância para se reduzir o custo de uma obra.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, Anete; ENSSLIN, Leonardo. Uma metodologia para gerenciamento do planejamento de obras de construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, 1994, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Ed. UFPB, 1994. p. 87-92.

ARAÚJO, N. M. C.; MEIRA, G. R. O papel do planejamento, interligado a um controle gerencial, nas pequenas empresas de construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, INTERNATIONAL CONGRESS OF INDUSTRIAL ENGINEERING, 3, 1997, Gramado. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS: PPGE, 1997. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t3103.pdf. Acesso em: 20 maio 2017.

ASSED, J. A. **Construção civil**: viabilidade, planejamento, controle. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1986. 95 p.

CÂNDIDO, Luis Felipe; CARNEIRO, Juliana Quinderé; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. Uma visão lean do gerenciamento do valor agregado aplicado a projetos de construção. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Maceió, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274067960_UMA_VISAO_LEAN_DO_GERENCIAMENTO_DO_VALOR_AGREGADO_APLICADO_A_PROJETOS_DE_CONSTRUCAO. Acesso em: 20 maio 2017.

CARDOSO L. R. de A. **Planejamento, gerenciamento e controle de obras**. Ações Integradas de Urbanização de Assentamentos Precários Brasília/São Paulo: Ministério das Cidades/Aliança de Cidades. 2 ed., 2010, 348 p. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/media/doc/biblioteca/SNH003.pdf>. Acesso em: 23 maio 2017.

CBCS - CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**: subsídios para a promoção da construção civil sustentável. 2014. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politicass%20Publicas.pdf. Acesso em: 23 maio 2017.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos**: metodologia de orçamentação para obras civis. 9 ed., 2011. Disponível em: <http://paulorobertovileladias.com.br/wp/downloads/Engenharia%20de%20custos.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

FORMOSO, C. T. *et al.* **Perdas na construção civil**: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. EGATEA. Revista da Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre, RS, v. 25, n. 2, p. 45-53, 1997. Disponível em: <http://www.pedrasul.com.br/artigos/perdas.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

IBGE. **Pesquisa anual da indústria da construção**. Rio de Janeiro: IBGE, p.1-50, 2014. v. 24. Disponível em: http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/paic_2014_v24.pdf. Acesso em: 05 mar. 2017.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2014.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2010.

QUEIROZ, Mario Nalon de. **Programação e controle de obras**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia. Departamento de Construção Civil, 2001. Disponível em: <http://www.ufjf.br/pares/files/2009/09/APOSTILA-PCO-JAN-20121.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

RESENDE, C. C. R. de. **Atrasos de obra devido a problemas no Gerenciamento**. 2013. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006164.pdf>. Acesso em: 05 maio 2017.

SCARDOELLI, L. S. *et. al.* **Melhorias de qualidade e produtividade: iniciativas das empresas de construção civil**. Porto Alegre: Programa da Qualidade e Produtividade da Construção Civil no Rio Grande do Sul, 1994. 288 p.

SNYDER, C.; MUIR, N. **Project 2013 para leigos**. Rio de Janeiro, RJ: Alta Books, 2015. 360 p.: il.

SOUZA, A. L. A. de. **Orçamento na Construção Civil**. São Paulo, 2010, 15p. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAG5kAB/orcamento-na-construcao-civil>. Acesso em: 17 mar. 2017.

SOUZA, U. E. L.; AGOPYAN, V. Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra na execução das fôrmas para estruturas de concreto armado. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, v. 165, p. 1-15, 1996. Disponível em: http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00165.pdf. Acesso em: 21 abr. 2017.

TAVES, G. G. **Engenharia de Custos Aplicada à Construção Civil**. (Monografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011477.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.

TCPO: Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. 14. ed. São Paulo: Pini, 2012.

VALLE, A. B. *et al.* **Fundamentos de gerenciamento de projetos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=_CmHCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Fundamentos+de+Gerenciamento+de+Projetos.&ots=zuSiFQsbqP&sig=UFq86EP-9BkecYgYY04VMa5zCQI#v=onepage&q=Fundamentos%20de%20Gerenciamento%20de%20Projetos.&f=false. Acesso em: 21 abr. 2017.

Utilização de biossólido agroindustrial na composição de substrato para produção de mudas de sangra d'água (*CrotonurucuranaBaill.*)

Use of agroindustrial sewage sludge in substrate composition for production of sangra d'água seedlings (CrotonurucuranaBaill.)

Luiz Henrique Rodrigues de Oliveira

Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UNIPAM)

E-mail: luizhenriqueamb@outlook.com

Maurício Antônio de Oliveira Coelho

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: mauricioac@unipam.edu.br

Resumo: Com o aumento da população mundial e a redução do volume de água potável, o tratamento de efluentes industriais e domésticos vem sendo cada vez mais exigido com rigorosidade, reduzindo assim o lançamento do efluente bruto nos mananciais hídricos. Uma das formas de utilização desse lodo é a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo. Nesse contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes porcentagens de biossólido oriundo de uma agroindústria na composição de substrato para produção de mudas da sangra d'água (*CrotonurucuranaBaill.*). Os tratamentos constaram de lodo industrial: substrato convencional utilizado no viveiro do IEF - 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de lodo. Os seguintes parâmetros foram avaliados: altura das mudas e diâmetro de caule. Os dados foram coletados aos 30, 60 e 90 dias. As porcentagens de lodo no substrato entre 25 e 50 % se mostraram as mais adequadas para o crescimento e desenvolvimento inicial das mudas de sangra d'água, superando o crescimento e desenvolvimento das mudas com o substrato convencional utilizado no IEF de Patos de Minas. Na média das porcentagens de lodo avaliadas, não houve prejuízo para o crescimento e desenvolvimento das mudas de sangra d'água.

Palavras-chave: Lodo industrial. Mudas florestais. Resíduos.

Abstrat: As world population increases and the volume of drinking water decreases, the treatment of industrial and domestic effluents has been increasingly rigorously demanded, thus reducing the release of raw effluent into water sources. One way of using this sludge is the application in agriculture as soil conditioner and fertilizer. In this context, this work was carried out with the objective of evaluating different percentages of sewage sludge from an agribusiness in the substrate composition for sangra d'água production (*CrotonurucuranaBaill.*). The treatments consisted of industrial sludge: conventional substrate used in the IEF nursery - 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of sludge. The following parameters were evaluated: seedling height and stem diameter. Data were collected at 30, 60 and 90 days. The substrate sludge percentages between 25 and 50% were the most appropriate for the growth and initial development of the seedlings, exceeding the growth and development of the seedlings with the conventional substrate used in IEF in Patos de Minas. In the average of the evaluated sludge

percentages, there was no impairment to the growth and development of sangra d'água seedlings.

Keywords: Industrial sludge. Seedlings. Waste.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial e a redução do volume de água potável, o tratamento de efluentes industriais e domésticos vem sendo cada vez mais exigido com rigorosidade nas indústrias e nos municípios, reduzindo assim o lançamento do efluente bruto nos mananciais hídricos. Porém, esse tratamento, qualquer que seja o processo utilizado, gera outro resíduo, conhecido por lodo de esgoto ou biossólido. O destino do lodo produzido vem preocupando pesquisadores, órgãos ambientais, legisladores e as empresas de tratamento do esgoto, em todo o mundo (MOREIRA *et al.*, 2003; MARTINS 2009; AZEVEDO, 2014).

Uma das formas de utilização desse lodo é a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo. De acordo com Bertoncini (1999), a possibilidade de fazer uso de resíduos industriais para fins agrícolas torna-se uma alternativa para resolver as questões de fertilização e destinação ambiental e econômica de resíduos. O lodo de estação de tratamento de esgoto é fonte de matéria orgânica, macro e micronutrientes e pode fornecer ao solo maior quantidade e qualidade de nutriente.

Silva *et al.*, (1998), que trabalharam com a adubação do solo com lodo de esgoto (le), descrevem que diversos autores apontam que no Brasil o Le foi avaliado como fertilizante para diversas culturas, mostrando que tem possibilidade de aproveitamento para esse fim, sendo fonte de N, P, K, Ca, Mg e Zn, e que, em outros países, o Le de esgoto tem sido aplicado em solos para reflorestamento, gerando benefícios como o aumento da CTC do solo, pela introdução de cargas negativas na porção orgânica, enriquecendo-o, principalmente em Ca e Mg. O le adicionado ao solo age como corretivo de acidez, elevando o pH e reduzindo o teor de alumínio trocável.

Embora o uso do lodo de esgoto no solo agrícola possa ser interessante, a presença de metais pesados pode tornar-se motivo de preocupação em função da possibilidade de movimentação e consequente contaminação de camadas subsuperficiais do solo e águas subterrâneas (BERTONCINI, 1999).

A principal limitação do uso do lodo de esgoto na agricultura tem sido a presença, nos resíduos, de metais pesados potencialmente tóxicos e patogênicos. A concentração de metais pesados no lodo depende da atividade do desenvolvimento urbano e industrial da área que abastece a estação de tratamento. A adição de grandes quantidades de lodo de esgoto em aterros sanitários e na reciclagem agrícola pode levar à situação de solos altamente contaminados com metais pesados (AZEVEDO, 2014).

O incentivo à criação de projetos que visam a testar novas técnicas, a fim de se garantir melhor qualidade nas recuperações de sítios degradados é fundamental, tendo em vista a constante degradação do meio com consequente retardo da viabilidade dos recursos naturais (SOUZA; COSTA; CORAL, 2010).

Nesse sentido, a compreensão do meio a partir da iniciativa do projeto é justa, possibilitando a utilização do resíduo sólido e abrindo novos rumos para a sua aplicação em caráter duplo na estruturação ambiental: o primeiro decorre do uso de um composto considerado nocivo ao meio ambiental, que, em sua grande maioria, não possui uma destinação final adequada e viável; o segundo é o seu potencial nutritivo, sendo possível contribuir como agregado de micro/macro nutrientes, de forma positiva, nos fatores relacionados à produtividade em diversas culturas.

Em relação ao aspecto social, será uma relevante ferramenta para construir, promover e preservar as relações entre a instituição proponente e a sociedade, além de promover a iniciação científica do discente, oportunizando a junção da teoria absorvida em sala de aula e a prática profissional.

Nesse sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes concentrações de biossólido oriundo de uma agroindústria na composição de substrato para produção de mudas da sangra d'água (*CrotonurucuranaBaill.*). Objetiva também comparar o desenvolvimento da sangra d'água (*CrotonurucuranaBaill.*) em diferentes dosagens de lodo; comparar a eficiência silvícola do lodo com substrato comercial; contribuir para ampliar a produção de dados em pesquisas científicas relacionadas à utilização do lodo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 LEGISLAÇÃO VIGENTE

A Lei Federal nº 11.445 foi um marco regulatório que esclareceu e norteou o vários enigmas e furos que não eram contemplados pela legislação até então, definindo diretrizes nacionais para a prestação de serviços de água e esgoto, definindo os direitos e obrigações da União para manter, estabelecendo regulação, inspecionando e planejando políticas para o setor.

A lei determinou a criação de entidade reguladora específica em cada instância governamental, estabeleceu objetivos para o planejamento municipal de saneamento em que os municípios passaram a se estruturar como poder concedente, criou mecanismos legais e políticos de pressão para atingir metas. É considerada como um divisor de águas (IWAKI, 2017).

2.2 UTILIZAÇÃO DO LODO

O biossólido tem sido objeto de estudo por inúmeros pesquisadores, visto que apresenta elevado conteúdo de matéria orgânica de macro/micro nutrientes. Na Tabela 1, são descritos alguns autores que trataram do uso do lodo em cultivares e espécies arbóreas.

Tabela 1- Autores que trataram do bio sólido em cultivares e espécies arbóreas

Autores	Espécies utilizadas
Bettiol e Camargo, 2004	Milho cultivar CAT AL 30; híbrido AG1043; Savana 133s.
Gadioli e Fortes Neto, 2004	Milho (Zeamays); Feijão preto (Phaseolus vulgaris).
Guedes, 2005	<i>Eucalipto (Eucalyptus grandis)</i> .
Lemainski e Silva, 2006	Soja cultivar BRS Milena; cultivar BRS Pétala.
Silva <i>et al.</i> , 2015	Açaí (<i>Euterpe oleraceae Mart.</i>) cultivar BRS Pará.
Trigueiro e Guerrini, 2014	Aroeira-pimenteira (<i>Schinus molle L.</i>).

Fonte: Próprio autor.

2.3 VALORAÇÃO DO RESÍDUO

Segundo postulam Corrêa e Corrêa (2001), a reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica de esgotos reside na incorporação de bio sólidos em solos. Problemas sanitários e econômicos norteiam o aproveitamento desses resíduos. As questões sanitárias podem ser superadas pela compostagem, secagem a calor, caleação ou insolação natural. A questão econômica é mais complexa, porque há uma série de custos e benefícios econômicos a serem mensurados. O valor do lodo fresco atingiu R\$22,00/tonelada, e os processos de estabilização empregados foram capazes de elevar esse valor entre 35%-620%.

Ainda segundo Corrêa e Corrêa (2001), a estabilização pela caleação apresentou mais vantagens econômicas, devido ao maior valor agregado ao produto. A secagem a calor foi a que mais agregou valor ao lodo fresco, atingindo R\$158,60/tonelada. Entretanto, os custos energéticos nesse processo atingem entre 27%-54% do valor intrínseco do produto. Apesar dos valores significativos atingidos, a consolidação de um mercado estruturado de bio sólidos exige o crescimento da demanda por esses produtos.

Para Quintana, Bueno e Melo (2012), o custo de transporte pode ser considerado fator limitante para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto, tendo como base sua alta taxa de umidade, sendo calculado seu valor agregado pelo método de mercados de bens substitutivos. Assim, o valor agregado ao lodo de esgoto calculado foi de R\$ 102,47/tonelada. O frete para cada tonelada de lodo de esgoto produzido na Estação de Tratamento é de R\$11,84 para distância de 25 km, que é a distância média entre a Estação e as fazendas da região

2.4 ELEMENTOS TÓXICOS

Os metais pesados que mais têm sido estudados, seja no solo, seja na planta, são cobre, ferro, manganês e zinco. Esse fato pode ser justificado por dois motivos principais: esses metais pesados são também micronutrientes das plantas, o que tem despertado interesse pelo seu estudo sobre o ponto de vista da nutrição mineral das plantas para fins de previsão da disponibilidade no solo e da necessidade de suplementação por meio de fertilizantes, por aplicação direta no solo ou por pulverização foliar; o interesse há muito despertado com relação a Cu, Fe, Mn e Zn

levou ao desenvolvimento de métodos, hoje facilmente executados em grande número de laboratórios (MARQUES; MELO; MARQUES, 2001).

Ainda segundo Marques, Melo e Marques (2001), em relação aos outros metais pesados, principalmente As, Hg e Se, mesmo hoje são poucos os laboratórios aptos a detectarem-nos em baixas concentrações em amostras de solo, de planta e de resíduos em geral, pelo fato de a metodologia ser mais sofisticada e pela inexistência de equipamentos como gerador de hidretos e forno de grafite. Dessa forma, poucos são ainda os dados disponíveis sobre o efeito do lodo de esgoto aplicado na agricultura nos metais pesados como As, Se, Hg

2.5 DESCRIÇÃO DO CROTON URUCURANA

A espécie sangra d'água (*Crotonurucurana* Baill.) pertence à família Euphorbiaceae; é árvore de 7-14 m, com tronco de 25-35 cm de diâmetro; possui folhas simples, de 9-18 cm de comprimento, pubescentes e prateadas na face inferior. (LORENZI, 1992).

É uma árvore pioneira, de pequeno a médio porte, heliófita, de rápido crescimento, com um ciclo de vida curto. Existe em diversas formações florestais brasileiras, principalmente em floresta estacional semidecídua. Pode suportar encharcamento e inundações, formando maciços quase puros em terrenos instáveis e aluviões às margens dos rios, mas ocorre também em clareiras e bordas de mata em terrenos secos de encosta, sendo resistente a épocas de friagem de pouca intensidade (DURIGAN *et al.*, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE COLETA DO LODO

O lodo utilizado no experimento foi proveniente da estação de tratamento de efluentes (ETE) do frigorífico de uma empresa situada no município de Patos de Minas. O sistema de tratamento conta com quatro linhas, denominadas *linha vermelha*, *linha verde*, *linha de sangue* e *linha sanitária*.

O lodo em estudo é derivado da linha vermelha, responsável por tratar todo efluente que tenha sangue e gordura em sua composição. Este, após ser descartado dos setores de produção, passa por uma peneira estática a fim de reter sólidos grosseiros. Em seguida, é acondicionado em um tanque de equalização para estabilizar o pH e homogeneizar. Aos poucos, esse efluente é encaminhado ao misturador, onde são injetados os produtos químicos, como Cloreto Férrico (floculante) e Polímero (coagulante).

Já com o tempo de reação, o efluente é injetado com ar comprimido no flotor, onde ocorre a separação da parte sólida da parte líquida. O lodo flotado é raspado por pás giratórias e encaminhado a uma esterqueira, por onde o excesso de água pode escoar e onde o lodo foi coletado para análise laboratorial.

A coleta do lodo foi feita de acordo com disposição prevista na Norma Brasileira NBR 10007:2004. Para caracterização da composição química, quando o lodo

já se encontrava seco, foi coletado 1 kg deste material e enviado para o Centro de Análises Terrena, localizado no município de Patos de Minas - MG.

3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

O preparo da amostra foi realizado conforme metodologia EMBRAPA (1997), que orienta que a secagem deve ser realizada ao ar livre, conforme demonstrando na Figura 1, seguida de destorroamento, tamisação e posterior peneiramento em malha 9mesh.

3.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

O potencial agrônômico e as análises de metais pesados do lodo de esgoto foram determinados de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2006; a caracterização química deve conter os parâmetros constantes na Tabela 2.

Depois de coletado, o lodo ficou exposto em uma estufa, durante duas semanas, para perda total de umidade. Para caracterização da composição química, quando o lodo já se encontrava seco, foi coletado 1 kg do material e enviado para o Centro de Análises Terrena, no município de Patos de Minas - MG.

Tabela 2 – Análise do lodo - Parâmetros analisados.

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADOS
pH	-	6,40
Mat.Org	dag.kg ⁻¹	11,19
P	mg.dm ⁻³	864,50
K	mg.dm ⁻³	410,00
Ca	cmolc.dm ⁻³	4,07
Mg	cmolc.dm ⁻³	1,02
Al	cmolc.dm ⁻³	0,50
H+Al	cmolc.dm ⁻³	4,52
SB	cmolc.dm ⁻³	6,14
CTC(t)	cmolc.dm ⁻³	6,64
CTC (T)	cmolc.dm ⁻³	10,66
m	%	7,53
V	%	57,60
B	mg.dm ⁻³	5,20
Cu	mg.dm ⁻³	4,10
Fe	mg.dm ⁻³	3775,00
Mn	mg.dm ⁻³	28,90
Zn	mg.dm ⁻³	67,90
S	mg.dm ⁻³	403,15
Argila	g.kg ⁻¹	260,00
Silte	g.kg ⁻¹	48,00
Areia	g.kg ⁻¹	692,00
COT	dag.kg ⁻¹	6,49

Fonte: Centro de Análises Terrena Agronegócios Ltda (2017).

A Resolução cita parâmetros para presença de patógenos e indicadores bacteriológicos na caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado, sendo proibida a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto ou de produto derivado em pastagens, em cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, em culturas inundadas, bem como em culturas cuja parte comestível entra em contato com o solo. Assim, o estudo utilizou mudas de espécies arbóreas, não havendo a necessidade da caracterização da presença de patógenos e de indicadores bacteriológicos.

3.4 PRODUÇÃO DAS MUDAS

Foram utilizadas vinte e cinco mudas de sangra d'água (*CrotonurucuranaBaill.*), fornecidas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) de Patos de Minas.

3.5 OBTENÇÃO DO SOLO

O substrato utilizado nos vasos foi uma mistura, um litro de adubo NPK (Nitrogênio, Fósforo, Potássio), 200 L de solo, 50 L de casca de café e esterco curtido. Os materiais foram homogeneizados e preenchidos os vasos com a mistura.

3.6 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS EXPERIMENTAIS

Após o processo de análises químicas, as amostras foram destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm de diâmetro, para, posteriormente, serem adicionadas aos solos utilizados no experimento.

A partir dos resultados da análise do lodo, foram avaliados os parâmetros e estabelecida a quantidade a ser utilizada. Todos os tratamentos foram construídos como deslinda a Tabela 3.

Tabela 3- Disposição do experimento e dosagem do substrato

Tratamento	Descrição do substrato
T1	100% substrato comercial
T2	25% lodo + 75% substrato comercial
T3	50% lodo + 50% substrato comercial
T4	75% lodo+ 25% substrato comercial
T5	100% lodo

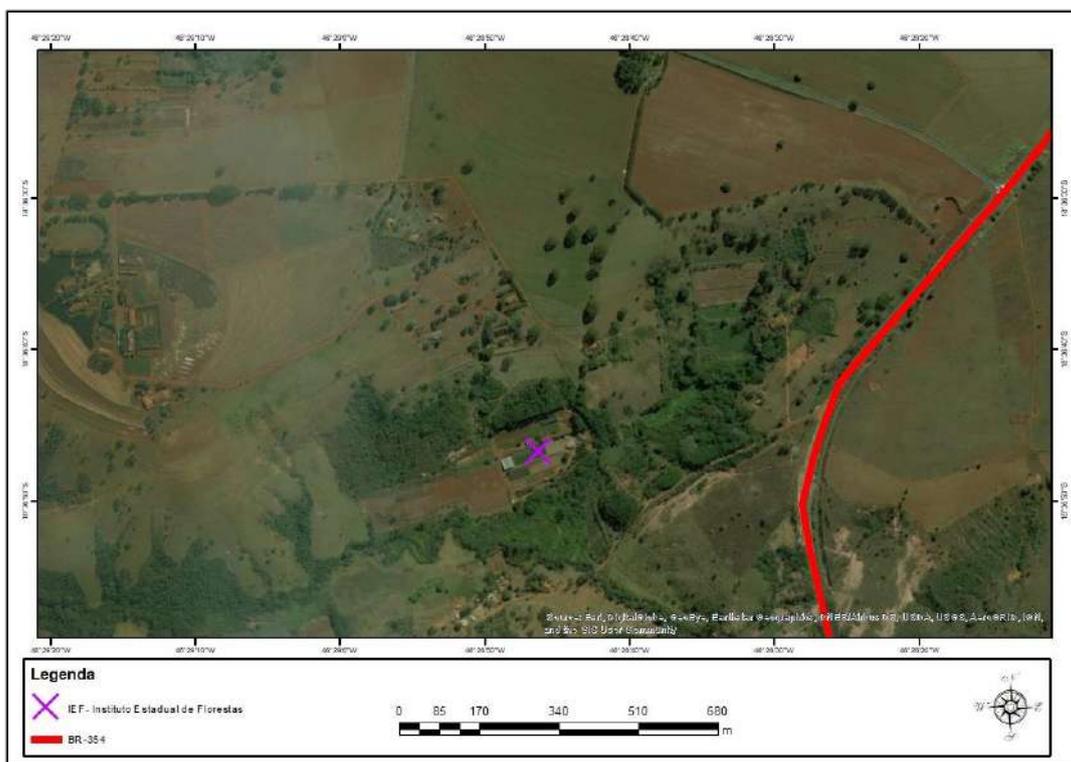
Fonte: Próprio autor.

As amostras foram pesadas e misturadas a fim de se homogeneizar e formar o substrato. O substrato foi acondicionado em fitocelas com capacidade para 4 L.

Após preenchidas as fitocelas, as mudas foram retiradas com cautela de seus saquinhos, evitando-se o destorroamento, que poderá provocar danos às raízes. Posteriormente foram transplantadas e cobertas com os devidos tratamentos.

A disposição das unidades experimentais foi em delineamento de blocos inteiramente casualizados, sendo cinco tratamentos com cinco repetições, totalizando vinte e cinco unidades experimentais. O experimento foi acondicionado no Viveiro de Mudanças do IEF, em Patos de Minas, MG, localizado nas coordenadas 18°36'46.84"S e 46°28'46.67"O, rodovia MG 354, km 171,5 - zona rural sob irrigação diária.

Figura 1: Localização do viveiro do IEF (Instituto Estadual de Florestas) Patos de Minas - MG



Fonte: Próprio autor.

3.7 PARAMETROS AVALIADOS

Foram avaliadas as variáveis:

Altura de Plantas – crescimento em altura, medido com fita métrica graduada em centímetros, sendo a altura mensurada do tronco rente ao solo até a última folha presente na parte aérea da muda.

Diâmetro de caule – realizado com o auxílio de um paquímetro digital, sendo considerado o diâmetro na altura do solo (DAS). Esse parâmetro foi medido juntamente com a altura das mudas.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados dos parâmetros avaliados foram inicialmente submetidos à análise de variância. Devido ao caráter quantitativo da % de lodo nos substratos, foram ajustados modelos de regressão para a altura das plantas e para o diâmetro do caule.

Os critérios para escolha dos modelos foram maior coeficiente de determinação e significado biológico do modelo. Devido ao caráter qualitativo, nas diferentes épocas das avaliações (dias), os mesmos parâmetros foram comparados pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Resumo da análise de variância está apresentado na Tabela 4. Houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste tukey a 5% entre as diferentes porcentagens de lodo no substrato, entre as diferentes épocas de avaliação das mudas (dias) e na interação lodo 90 dias.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) no experimento conduzido no viveiro de mudas do Instituto estadual de floresta (IEF), Patos de Minas, 2017

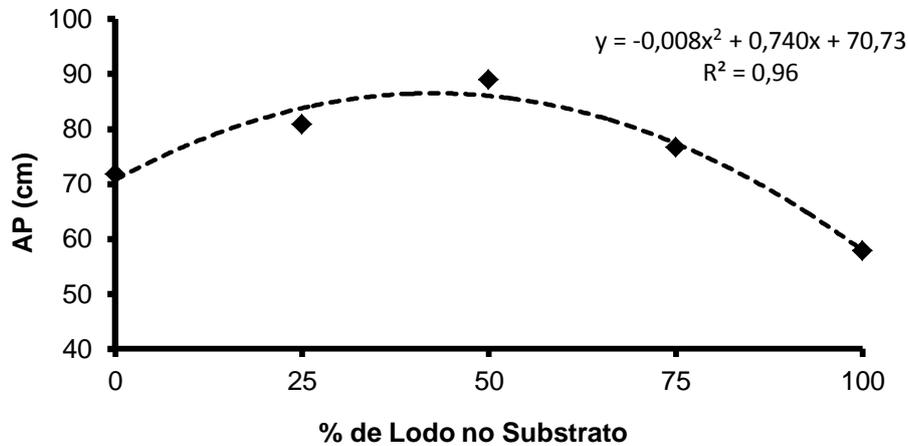
F.V.	G.L.	Soma de Quadrados	
		AP	DC
LODO (L)	4	1878**	0,2604**
DIAS (D)	2	34197**	2,4128**
L x D	8	671**	0,0427**
BLOCO	4	54**	0,0098**
RESÍDUO	55	89	0,0008
C.V. (%)		12,3	2,8
Média		76,6	1,01

Fonte: Próprio autor.

4.1 ALTURA DE PLANTAS

Observou-se que houve resposta quadrática da altura de plantas em função das porcentagens de lodo no substrato. A altura máxima de plantas foi obtida com 46,25 % de lodo no substrato. Para a sangra d'água, as porcentagens de lodo no substrato superior a 46,25% reduziram o crescimento em alturas das mudas avaliadas (Gráfico 2).

Gráfico 1– Altura de plantas em função da % de lodo utilizada no substrato, no experimento conduzido no viveiro de mudas do Instituto estadual de floresta (IEF), Patos de Minas, 2017



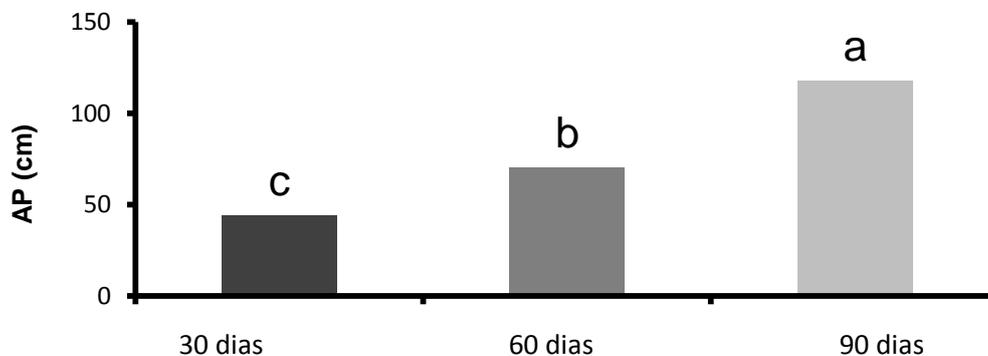
Fonte: Próprio autor.

De acordo com Sorreano *et al.* (2008), para a mesma espécie sangra d'água (*CrotonurucuranaBaill.*) houve sintomas de deficiência de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e o seu efeito na composição mineral das folhas e no crescimento das mudas. A espécie mostrou-se sensível à falta de Cu, Mn e Mo, os primeiros a demonstrarem características de deficiência visual aos 40 dias após o início dos tratamentos, seguidos pelo B, Fe e Mo, com deficiências visíveis aos 60 dias após o início dos tratamentos. O autor notou uma redução no desenvolvimento em altura e diâmetro do colo, causada principalmente pela falta de B, Mn e Zn.

As altas concentrações de ferro e enxofre no lodo industrial podem ter causado toxidez às mudas e, conseqüentemente, promovido menor crescimento delas. Outro fator que pode explicar a redução na altura seria a textura arenosa do lodo industrial (GOMES, 2017).

Verificou-se, neste experimento, que, na média das porcentagens de lodo utilizadas na composição do substrato, a altura de plantas da sangra d'água diferiu estatisticamente entre as épocas avaliadas (Gráfico 2). A altura de plantas aos 90 dias foi estatisticamente superior à altura de plantas aos 60 e 30 dias de avaliação.

Gráfico 2– Altura de plantas em função das diferentes épocas de avaliações (dias) no experimento conduzido no viveiro de mudas do Instituto estadual de floresta (IEF), Patos de Minas, 2017

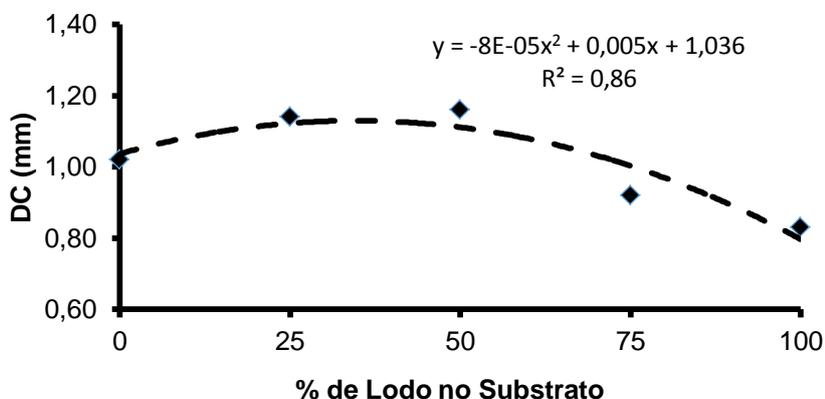


Os resultados indicaram que o lodo contém altos valores de nutrientes, que são essenciais para um bom desenvolvimento de espécies vegetais.

4.2 DIÂMETRO DO CAULE

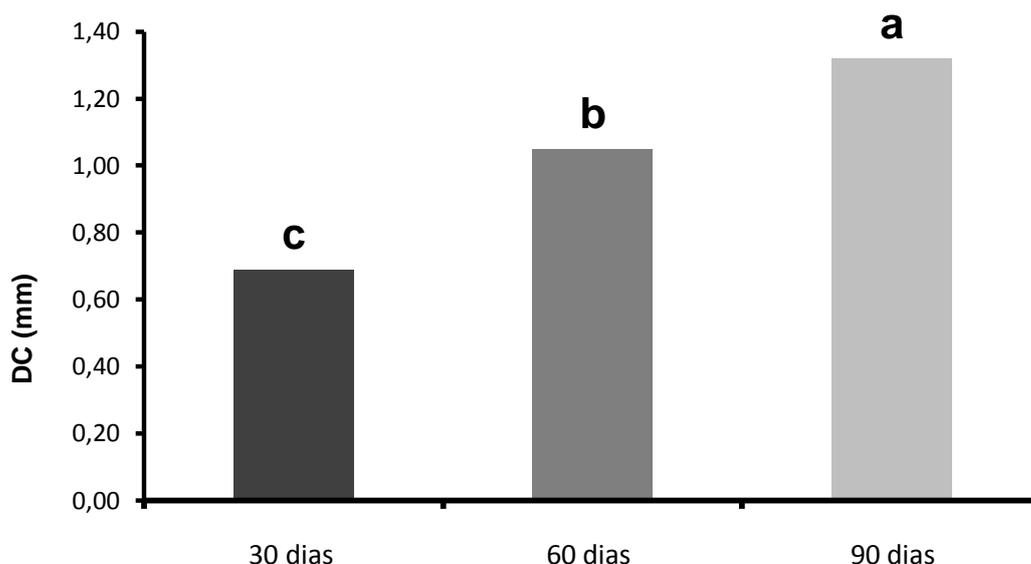
Para o diâmetro de caule das mudas avaliadas, também se verificou que houve resposta quadrática em função das porcentagens de lodo no substrato. O diâmetro de caule máximo foi obtido com 31,25% de lodo no substrato. As porcentagens de lodo no substrato superiores a 31,25% reduziram o diâmetro do caule das mudas avaliadas (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Diâmetro do caule das mudas em função da % de lodo utilizada no substrato no experimento conduzido no viveiro de mudas do Instituto estadual de floresta (IEF), Patos de Minas, 2017



Na média das porcentagens de lodo utilizadas na composição do substrato, o diâmetro do caule das mudas de sangra d'água diferiu estatisticamente entre as épocas avaliadas (Gráfico 4). O diâmetro de caule aos 90 dias foi estatisticamente superior ao diâmetro de caule aos 60 e 30 dias de avaliação.

Gráfico 4– Diâmetro do caule das mudas em função das diferentes épocas de avaliações (dias) no experimento conduzido no viveiro de mudas do Instituto estadual de floresta (IEF), Patos de Minas, 2017



O menor valor obtido no diâmetro do caule aos 30 e 60 dias pode ser justificado pelo fato da concentração de alguns dos nutrientes aumentarem significativamente após o primeiros 30 dias do plantio (REZENDE *et al.*, 2010). Alguns autores ressaltam que o K (potássio) ajuda no crescimento do diâmetro do coleto, proporcionando o engrossamento do caule das mudas (VALERI; CORRADINI, 2005).

Segundo Carneiro (1995), o diâmetro do caule é a variável mais observada para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo; com ele, definem-se as doses de fertilizantes a serem aplicados na produção de mudas.

Sugerem-se maiores estudos sobre a disponibilização dos nutrientes contidos no lodo, de forma a atender às reais necessidades das plantas durante sua fase de viveiro e até mesmo apresentar amplitude ecológica para sobreviver em ambientes naturais, para que assim possam ser estabelecidos índices ainda maiores de economia de fertilizantes. Portanto, além do benefício ambiental, o uso de lodo como componente de substrato para produção de mudas é uma opção de grande interesse econômico.

5 CONCLUSÃO

As porcentagens de lodo no substrato entre 25 e 50 % se mostraram as mais adequadas para o crescimento e desenvolvimento inicial das mudas de sangra d'água, superando o crescimento e desenvolvimento das mudas com o substrato convencional utilizado no IEF de Patos de Minas.

Na média das porcentagens de lodo avaliadas, não houve prejuízo para o crescimento e desenvolvimento das mudas de sangra d'água.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007:2004**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, L. dos. S. **Aproveitamento dos subprodutos gerados nas estações de tratamento de esgoto de Juiz de Fora**. 2014, 79 f. Trabalho de conclusão de curso. (Saneamento) - Universidade federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo**: fundamentos e caracterização. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A de. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Embrapa Meio Ambiente. 2005. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MICROBIOLOGIA APLICADA AO MEIO AMBIENTE: ANTECEDENTES HISTÓRICOS E PERSPECTIVAS, 2005, São Paulo/SP. **Anais...** São Paulo/SP: USP, 2005. p.1-19.

BERTONCINI, E.I. **Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto**. Dissertação de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, Paracicaba/SP. 1999.

BRASIL. **Lei nº 11.445, 5 de janeiro de 2007**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 07 mar. 2017.

CARDOSO, N. G. **Resposta de forrageiras á diferentes doses de lodo de curtume de "tecnologia limpa", em condições controladas e a campo**. Dissertação de mestrado em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

CARMO, D. L. dos.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos. R. Bras. **Ci. Solo**, 36, 2012, p. 1211-1220.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba:UFPR/FUPEF/UENF, 1995.

CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº375, 29 de agosto de 2006**. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2017.

COSTA, A. P. ROSA, B. OLIVEIRA, T. P. CUSTÓDIO, D. P. SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiariabrizantha cv. Marandu*. **Ciência Animal Brasileira** v. 6, n. 3, p. 187-193, jul./set. 2005.

CORRÊA, R.S.; CORRÊA, A. S. Valoração de biossólidos como fertilizantes e condicionadores de solos. **Sanare: Rev. Tec. Sanepar**, 16, 49-56, 2001.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 65 p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERREIRA, M. **Escolha de Espécies de Eucalipto**. Circular Técnica IPEF, v.47, p.1-30, 1979.

GADIOLI, J. L.; FORTES NETO, P. **Rendimento de milho e de feijão preto cultivado em solo acrescido de lodo de esgoto**. **Sanare**, v.21, p.53-58, 2004.

GOMES, S. G. **Utilização do lodo de estação de tratamento de efluentes de frigorífico na composição do substrato para produção de mudas de tucaneira (*Cyntharexylummyrianthum*)**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIPAM: Patos de Minas/MG, 2017.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *EucalyptusGrandis***. 2005, 169 f. Tese (Doutor em silvicultura e Manejo Florestal). Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. São Paulo. 2005.

Handa, R. M.; NOGUEIRA, A. Determinação de umidade a 65°C em amostras de lodo de esgoto. *In*: Andreoli, C.V.; Bonnet, B. R. P. (coords). **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: Sanepar, 1998. p.73-74.

IWAKI, G. **Destinação Final de Lodos de ETA's e ETE's**. Portal Tratamento de Água. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/destinacao-final-de-lodos-de-etas-e-etes/>. São Paulo, 2017. Acesso em: 06 mar. 2017.

- KITAMURA, Aline Emy. ALVES, M. C. SUZUKI, L.G. A. S. GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 32, p. 405-416, 2008
- LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. da. Avaliação agrônômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.10, p.1477-1484, 2006.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação ecultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa**: Plantarum, 1992. 352 p
- MARQUES, M. O.; MELO, W. J.; MARQUES, T. A. Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura. In: TSUTYIA, M.T. *et al.* (eds). **Bioossólido na Agricultura**. São Paulo, SAPESP, 2001. Cap.12, p.365-403.
- MARTINS, R. D'. A. População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. **Ambient. soc.** v.12, n. 2 Campinas, jul/dez. 2009.
- MOREIRA, R. E.; Pimentel, M. S.; Rumjanek, N. M.; DE-POLLI, H. **Avaliação de bioossólido de águas servidas domiciliares**. n. 1, p. 1435-1441, 2003.
- QUINTANA, N. R. G.; Bueno, O. de. C.; Melo, W. J. de. Custo de transporte do lodo de esgoto para viabilidade no uso agrícola. **Energ. Agric.**, Botucatu, v. 27, n.3, jul/set, 2012, p. 90-96.
- REZENDE, C. F. A. *et al.* Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido. **BioscienceJournal**, v. 26, n. 3, p. 367-375, 2010.
- SAITO, M. L. **O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura**: precauções com os contaminantes orgânicos. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2007. Cap. 64, p. 349-357.
- SANTOS, J. A.; SANTOS, V. B.; ARAUJO, S. F. Alterações na atividade microbiana e na matéria orgânica do solo após a aplicação de lodo de esgoto. **BioscienceJournal**. Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 17-23, 2009.
- SILVA, F. M. F. **Matéria orgânica na cafeicultura**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais. Campus Muzambinho, 2010. 40p.
- SILVA, F. C. da.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v. 33, n. 1, 1998. p.1-8

SILVA, G. R. da.; AMARAL, I. G.; GALVÃO, J. R.; PINHEIRO, D. P.; JÚNIOR, M. L. DA S.; MELO, N. C. Uso do lodo de curtume na produção de plantas de açaizeiro em fase inicial de desenvolvimento. **Agrária**, Recife, v.10, n.4, p.506-511, 2015.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de micronutrientes em mudas de sangra d'água (*Crotonurucurana*, Baill.). **Cerne**, Lavras, v. 14, p. 127-132, 2008.

SOUZA, L. M. COSTA, M. C. CORAL, D. J. **Análise do método de nucleação na recuperação de matas ciliares**. 2010. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Sagrado Coração. Bauru – SP, 2010.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para a produção de mudas de *EucalyptusePinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição efertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. p. 167-190.

WINTER, E. J. **A água, o solo e a planta**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1976. 164 p.

Avaliação da ponte centenária em arco de concreto armado sobre o Rio Paranaíba: análise de tráfego e estrutural

Evaluation of the centenary bridge in reinforced concrete arch over Paranaíba River: traffic and structural analysis

Ana Flávia Alves Castro

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: ana.engenhariacivil@hotmail.com

Nathallia Silva Kohl

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: nathalliakohl@hotmail.com

Jessé Moreira Oliveira

Doutor em Físico-Química Teórica; Docente do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: emaildojessemoreiraoliveira@gmail.com

Rogério Borges Vieira

Especialista em Avaliação e Perícias na Engenharia Civil; Docente do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: rogeriobv@unipam.edu.br

Resumo: A ponte sobre o rio Paranaíba em Patos de Minas – MG possui grande importância para a população há cerca de 100 anos. Diante disso, o presente trabalho tem como intuito o estudo da obra citada, analisando as manifestações patológicas e o tráfego do local. Foram realizados ensaios não destrutivos *in loco*, visando a analisar a situação em que ela se encontrava. Na análise visual, foi perceptível a constatação de anomalias na estrutura. Já no ensaio de esclerometria, foi encontrada a provável resistência, verificando a possível presença de carbonatação. Por meio do experimento de ultrassonografia, foram obtidos valores de velocidades de propagação relativamente baixos em decorrência da homogeneidade do concreto. No volume de tráfego, mensurou-se elevada quantidade de veículos que passam pela ponte devido à sua ligação com pontos industriais, rurais e urbanos. Assim, nota-se a relevância de se ter um cuidado maior com o seu estado de conservação superficial e estrutural.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Ponte. Rio Paranaíba.

Abstract: The bridge over Paranaíba River, in Patos de Minas - MG, has a great importance for the population for about 100 years. Accordingly, this work aims to study the work cited, analyzing pathological manifestations and local traffic. Non-destructive tests were performed *in loco*, aiming to analyze the actual bridge situation. In the visual analysis, it was possible to observe anomalies in the structure. In the sclerometry test, the probable resistance was found, verifying the possible presence of carbonation. By means of ultrasound experiment, relatively

low values of propagation velocities were obtained as a result of concrete homogeneity. The traffic volume was measured by a high number of vehicles passing through the bridge due to the connection to the industrial, rural and urban areas. Thus, it is noteworthy that some greater care should be taken with its superficial and structural conservation status.

Keywords: Pathological manifestations. Bridge. Paranaíba River.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, nota-se a presença das pontes como meio de transposição de obstáculos à continuação de uma via (MARCHETTI, 2008). Elas surgiram de modo natural e, aos poucos, foram ganhando evidência nos países. Devido a sua grande utilização e com o intuito de facilitar a sua aplicação, as pontes foram, cada vez mais, sendo aprimoradas, melhorando o método de execução e os materiais empregados.

Situada na cidade de Patos de Minas – MG, a ponte sobre o rio Paranaíba, desde a sua inauguração, tornou-se uma construção de grande relevância. A ligação que ela proporciona entre as zonas urbana, rural e industrial do município beneficia vários ramos do comércio local e regional (MELLO, 2008). Por ser uma ponte centenária e sua utilização ser constante, é necessário um estudo para que suas características sejam mantidas.

O objetivo geral da pesquisa consistiu na análise da obra citada, mostrando a situação em que se encontrava. Para isso, fez-se a revisão da literatura do assunto abordado; o desempenho da análise visual da obra de arte, verificando as manifestações patológicas que apresentava; a realização de ensaios não destrutivos para averiguar o estado da estrutura; e a efetuação de um quantitativo do tráfego existente no local, visto que existe grande fluxo de veículos diariamente e com grandes cargas.

Segundo a Secretaria Municipal de Educação, Cultura, Esporte e Lazer e a Divisão de Patrimônio Histórico de Patos de Minas-MG, a obra de arte do rio Paranaíba é uma construção que já foi legalmente tombada no ano 2.000, devido a sua importância para a economia e para a história do município bem como para a arquitetura brasileira. O processo de tombamento pode ser verificado no anexo A.

A funcionalidade da ponte em estudo é constantemente discutida. Diante disso, é indispensável o seu acompanhamento frequente, tendo em vista que é a única forma de transição entre as partes. É de suma importância a observação e a manutenção da obra de arte, já que ela é um patrimônio da população, que deve ser mantido em perfeito estado de conservação.

Neste quesito, o presente trabalho é qualitativo, pois trata de um estudo das características da ponte, e quantitativo, devido à realização da contagem de tráfego que ocorre nela.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A presente revisão da literatura abrange assuntos relacionados a pontes, seus tipos e suas técnicas construtivas. Ressaltam-se os métodos de ensaios não destrutivos

mais comuns, que permitem um entendimento da manifestação patológica existente na ponte sobre o rio Paranaíba, além de um estudo de contagem de tráfego desse trecho, para averiguação do fluxo existente no local.

2.1 PONTES

Conforme Marchetti (2008), as pontes são estruturas que, desde a antiguidade, tem como principal objetivo transpor algo. Em geral, são divididas em três partes: a infraestrutura, a mesoestrutura e a superestrutura. A infraestrutura é a seção a qual é responsável pelo apoio no terreno, como as estacas e sapatas. A mesoestrutura é o elemento que recebe os esforços, como os pilares. Já a superestrutura é onde se trafega, como as lajes e vigas.

As pontes surgiram de forma natural, sendo as primeiras de madeira, fibras naturais e pedra. Com o passar do tempo, foram sendo aprimoradas. Após a Revolução Industrial, foram surgindo as pontes metálicas, de concreto Portland e, mais tarde, as de concreto armado seguidas das de concreto protendido (SAHUINCO, 2011).

Com a necessidade de unir a resistência do aço com a consistência e durabilidade do concreto, foi criado o concreto armado. Devido à capacidade da composição de assumir qualquer forma com facilidade e agilidade e ao aço estar protegido pelo concreto evitando-se corrosão, esse tipo de material foi ganhando credibilidade e tornando-se um dos métodos mais usuais. Com o decorrer do tempo, mais construções começaram a aparecer, colocando o cimento como um dos elementos mais empregados no ramo da construção até os dias atuais. Esse fato é devido ao conjunto cimento e aço trabalharem adequadamente juntos, resistindo à tensão de tração e compressão. Mesmo com o emprego do concreto armado em outras construções, como na execução do tabuleiro das pontes, somente em 1912 é que começaram a fabricar pontes de viga e pórtico desse material de até 30 metros de vãos (DEBS; TAKEYA, 2009).

2.2 VISTORIA

Conforme a ABNT (2001), vistoria consiste na constatação local de fatos, mediante observações criteriosas em um bem e nos elementos e condições que o constituem ou o influenciam.

2.2.1 Métodos de Ensaios Não Destrutivos

Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção (ABENDI, 2017) destaca que o procedimento de ensaios não destrutivos são técnicas usadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, tendo como vantagem a realização de testes com a estrutura em uso e a rápida obtenção de dados. Esses ensaios compreendem métodos capazes de proporcionar informações do teor de defeitos, das características tecnológicas de um material, do monitoramento da degradação em serviço de componentes, equipamentos e estruturas.

2.2.1.1 *Ensaio Visual*

Segundo Sahuinco (2011), a inspeção visual serve para ter uma noção geral da situação em que a construção em estudo se encontra, fornecendo informações dos defeitos existentes, vistos a olho nu. O referido ensaio é classificado como qualitativo já que mostra patologias na edificação, podendo, então, ser tratadas.

2.2.1.2 *Ensaio de Esclerometria*

De acordo com a ABNT (2012), esse teste é um método para a determinação da dureza superficial da área de uma determinada peça de concreto de forma não destrutiva. É utilizado para a avaliação da uniformidade do concreto em diferentes partes de uma determinada estrutura. Avalia as características mecânicas por meio de curvas de correlação e analisa as mudanças das propriedades que o concreto apresenta ao longo dos anos. Para realizar o ensaio, usa-se um equipamento chamado esclerômetro de reflexão. Por meio do impacto da máquina sobre a área de ensaio, é obtido um valor correspondente ao valor de índice esclerométrico.

2.2.1.3 *Ensaio de Ultrassonografia*

A ABNT (2013) ressalta que esse método de ensaio serve para a determinação da velocidade de propagação de onda longitudinal, obtida por pulsos ultrassônicos por meio de um componente de concreto. É utilizado para verificar a homogeneidade da peça estrutural, percepção de eventuais falhas e variações no concreto, que podem ocorrer ao longo do tempo.

O equipamento com o qual se realiza o experimento é composto de uma fonte, em que se conectam dois transdutores, um transmissor e outro receptor. A frequência da vibração da onda longitudinal emitida pelo aparelho é acima de 20 quilohertz (kHz), e a velocidade da propagação das ondas indicam as características em que se encontram o concreto.

2.3 VOLUME DE TRÁFEGO

Conforme o Manual de Estudos de Tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), o volume de tráfego pode ser definido como o número de veículos que percorrem um determinado trecho durante um período de tempo, sendo apresentado em veículos/dia (vpd) ou veículos/hora (vph).

Segundo DNIT (2006), a contagem de tráfego pode ser realizada de 4 (quatro) formas: contagem manual, contagem automática, videoteipe e método do transformador móvel. O método mais simples e viável de ser executado é a contagem manual, que é feita por meio de uma ficha de contagem que contém tipo, classe, eixos e peso. Essas características são relevantes para a determinação do volume de tráfego. Além disso, é fundamental que a determinação do tráfego seja realizada para o dimensionamento do reforço ou definição de possíveis intervenções. É interessante que

se definam algumas características do tráfego, como o número N , sendo este quantidade de passagens do eixo padrão.

3 METODOLOGIA

A obra de arte estudada é uma ponte de arco feita de concreto armado, localizada sobre o rio Paranaíba, no bairro Nossa Senhora Aparecida, que liga o perímetro urbano à área rural na cidade de Patos de Minas – MG. Segundo Dannemann (2016), ela possui uma idade estimada em 100 anos, com a dimensão de 7 metros de largura e 57 metros de arco.

O trabalho foi desenvolvido em campo e no laboratório de Tecnologia dos Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas. Na ponte, foram realizados ensaios visuais e não destrutivos, e no laboratório, verificados os dados coletados em campo para possíveis resultados.

3.1 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Primeiramente foi realizado o ensaio visual, de modo a identificar as possíveis manifestações patológicas. Em seguida, o ensaio de esclerometria de acordo com a ABNT NBR 7584:2012 e o ensaio de ultrassonografia com os parâmetros da ABNT NBR 8802:2013.

3.1.1 Ensaio Visual

Por meio de uma visita in loco, foi realizada uma análise visual, com a finalidade de observação das manifestações patológicas existentes no local. Para registro da ponte, foi utilizada máquina fotográfica.

3.1.2 Ensaio de Esclerometria

Segundo a NBR 7584:2012, para que se inicie o ensaio de esclerometria, é necessário que se faça a verificação do aparelho. Foram efetuados 10 impactos em uma bigorna de aço de 16 kg. O equipamento foi ajustado de forma que se aplicasse um coeficiente de correção através da fórmula

$$k = \frac{n \times E_{nom}}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

Após a realização dos ajustes, observou-se se as superfícies da seção analisada estavam secas, limpas e, se possível, planas. A área de ensaio foi preparada por meio de polimento enérgico com movimentos circulares, localizada nas faces verticais da ponte, distanciadas de, no mínimo, 50 mm dos cantos e arestas; os impactos foram distribuídos de forma uniforme na região da estrutura. Efetuaram-se 4 ensaios de 16 impactos na área dos arcos, sendo, no total, 2 arcos e 1 ensaio de 9 impactos em cada tirante, totalizando 18 tirantes, visto que a largura da peça era pequena e não permitiu

a possibilidade de realizar mais impactos. A norma não permite mais de um impacto no mesmo ponto, portanto, a distância mínima foi de 30 mm entre 2 pontos de impactos.

Os resultados obtidos em cada ensaio foram coletados e analisados e foi feita uma média aritmética. Caso o valor do impacto variasse entre 10% para mais ou menos entre os outros ensaios, deveria ser descartado; caso não se obtivessem 5 valores de impactos semelhantes, seria necessário que se refizesse o ensaio novamente.

Desse modo, por meio do coeficiente de correção e da média aritmética do teste na estrutura, foi obtido o índice esclerométrico médio efetivo ($|E$), que consiste na dureza superficial do concreto. Após isso, foi feita a comparação de resultados de cada pilar e tirante da ponte. A equação necessária para encontrar tal valor é a seguinte:

$$|Ea = k \times |E$$

3.1.3 Ensaio de Ultrassonografia

De acordo com a NBR 8802:2013, para o ensaio de ultrassonografia é necessária uma preparação da superfície, sendo esta uma regularização do componente ensaiado. Os materiais analisados precisavam ter as mesmas propriedades de composição e umidade relativa. Era essencial que se fizesse a calibração do aparelho, seguido da aplicação de uma camada fina de acoplante nas faces dos transdutores ou na peça estrutural.

Visto que o método de transmissão utilizado foi o indireto, posicionaram-se os transdutores na mesma face da peça de modo que fosse fixado o aparelho (transdutor – emissor) em um ponto, realizando a leitura do tempo de propagação de ondas em várias distâncias. Em um sistema cartesiano, locaram-se as distâncias entre os pontos e os tempos coletados de forma que a onda ultrassônica percorresse tal distância. Para que fosse encontrada a velocidade de propagação de ondas, bastou que se obtivesse a inclinação da reta, já que ambos os valores têm a mesma definição.

O ensaio foi realizado nos dois arcos da ponte de modo que fossem efetuados quatro ensaios. Os resultados foram analisados e comparados entre si. Dessa forma, foi possível a percepção da homogeneidade do concreto; imperfeições do concreto como fissuras e falhas internas; e variação do concreto ao longo do tempo (ABNT, 2013).

3.2 VOLUME DE TRÁFEGO

Por meio da tabela apresentada no Manual de Estudo de Tráfego do DNIT, foi possível analisar e classificar os tipos que transitavam no trecho estudado. Foi utilizado o nível de precisão C de acordo com a tabela Métodos Manuais de Contagem de Volume. O método ocorreu entre 6 a.m. e 10 p.m. de quinta-feira até domingo. Foram realizados os acompanhamentos prescritos nos dias indicados pelo Manual do DNIT. Os dados coletados serviram como parâmetros para a averiguação da utilização da ponte, sendo apurados e analisados, determinando-se, assim, o volume médio diário (VMD) e o número N.

Também foi relevante a manifestação de manchamento por mofo. Esse efeito ocorre em decorrência da infiltração das águas da chuva. Isso pode vir a afetar as armaduras, que, em contato com água, oxidam-se.

Recomenda-se que se realizem algumas ações para minimizar esse efeito, como a limpeza do local, retirando-se a camada superficial da anomalia, posteriormente a aplicação de um impermeabilizante e depois a pintura, impossibilitando-se, assim, a entrada de agentes externos.

Figura 2 – Manchamento por mofo



Fonte: Autores, 2018.

Devido à ponte já estar quase atingindo a sua vida útil, foram encontradas outras manifestações que devem ser levadas em consideração (BERTOLINI, 2010). O deslocamento do concreto encontrado na peça estrutural é em decorrência da corrosão das armaduras. Esse fenômeno ocorre devido ao aço oxidado ocupar um volume maior que ocuparia em seu estado inicial (SACHS, 2015).

A causa da manifestação patológica citada deve-se à idade avançada da ponte e ao possível comprometimento das armaduras pela oxidação, já que a ponte possui inúmeras fissurações que facilitam a entrada da umidade. Foi averiguado esse fenômeno no guarda corpo; embora não seja um elemento estrutural, é importante ressaltar esta anomalia.

Para que tal efeito seja neutralizado, deve-se, de acordo com o Medeiros (2008), recorrer a alguns procedimentos, como o corte da área demarcada, a retirada do material danificado, seguido da pintura do aço para maior proteção, finalizando com a argamassa de reparo.

Figura 3 – Deslocamento do concreto no guarda-corpo



Fonte: Autores, 2018.

Além dessas anomalias, foi verificada a presença do descolamento da pintura, que é originado de reações de sais das eflorescências que prejudicam a sua ligação com o concreto. Outros motivos que podem acarretar o aparecimento dessa anomalia são a má impermeabilização ou a não impermeabilização do local, além do contato com infiltração, como no caso da ponte, na qual se aumenta a possibilidade de aparecimento dessa manifestação patológica (LOTTERMANN, 2013).

Andrade (1997) destaca que a vida útil da pintura externa de uma estrutura varia de 3 a 5 anos, levando em consideração os efeitos a que está sujeita. De acordo com a Secretaria Municipal de Obras de Patos de Minas, foi verificado que a ponte passou, na década de 90, por manutenção na sua pintura, sendo esta em cal. Desde essa data, não houve mais reparos; essa foi a única modificação realizada durante todos os anos de sua existência.

Sugere-se que algumas ações sejam tomadas para que tal efeito na ponte não se prolifere, como o lixamento da superfície e a reaplicação da pintura. Deve-se preocupar com a qualidade do material utilizado, tendo em vista que a estrutura analisada está sujeita constantemente a intempéries.

Figura 4 – Descolamento da pintura no tirante.



Fonte: Autores, 2018.

Devido à eminente assiduidade de manifestações patológicas e à sua idade avançada, a ponte sobre o rio Paranaíba necessita de manutenção. Sendo um patrimônio histórico e com grande relevância para a sociedade patense, requer cuidados para sua preservação.

4.1.2 Ensaio de Esclerometria

Anterior ao ensaio, foi verificado a calibração do aparelho. Em seguida, iniciou-se, então, o ensaio com a limpeza e lixamento das áreas em que foram executados os golpes. Posteriormente, procedeu-se à marcação das malhas para aplicação dos golpes que foram realizados a 90° da peça estrutural.

A ponte possui dois arcos. Foi executado o arco esquerdo e depois o arco direito, olhando-se da cidade para a área rural e industrial. Foram executados os ensaios, sendo primeiramente nos arcos e, em seguida, nos 9 tirantes. Os valores obtidos estão apresentados a seguir. Os ensaios 1 e 2 correspondem aos valores retirados dos arcos e os ensaios de 3 em diante, dos tirantes. Conforme especificado na ABNT NBR 7584:2012, caso algum valor do ensaio tenha dado $\pm 10\%$ da média aritmética, deve-se efetuar nova média, desprezando-se tal valor. Para determinação do índice esclerométrico médio efetivo (I_{Ea}), foi calculado e utilizado o valor de coeficiente de correção de 1,02 para ambas as quantidade de golpes.

Cada aparelho de esclerometria apresenta uma curva de calibração de forma a estimar uma resistência conforme a dureza obtida pelo ensaio. No caso da ponte estudada, os valores obtidos por meio da curva foram apresentados a seguir.

Tabela 1 – Resultado do ensaio de esclerometria nos arcos e nos tirantes.

Arco	Ensaio	Dureza superficial				Média/Desvio (Aparelho)	Média/Desvio (Calculado)	I_{Ea} (N.mm)	Fck estimado (Mpa)
		50,0	60,0	52,5	59,5				
Esquerdo	1	63,5	57,0	63,0	65,0	$\bar{x} = 58,9$ $S = 4,1$	$\bar{x} = 59,5$ $S = 2,9$	60,69	40,86
		58,5	57,5	57,0	59,0				
		59,0	63,5	55,5	61,0				
		50,0	48,0	49,5	41,5				
Esquerdo	2	53,0	52,0	47,5	47,5	$\bar{x} = 48,6$ $S = 5,1$	$\bar{x} = 50,7$ $S = 3,9$	51,71	34,81
		52,5	47,5	52,5	41,5				
		53,5	53,0	52,0	35,5				
		63,5	49,8	57,0	-				
Esquerdo	3	35,0	68,0	59,0	-	$\bar{x} = 55,3$ $S = 9,4$	$\bar{x} = 55,3$ $S = 9,4$	56,30	37,90
		52,5	56,5	56,5	-				
		63,5	65,0	52,5	-				
Esquerdo	4	58,0	61,5	65,5	-	$\bar{x} = 61,1$ $S = 4,7$	$\bar{x} = 61,1$ $S = 4,7$	63,34	42,64
		57,0	67,0	59,5	-				
		61,0	72,0	56,5	-				
Esquerdo	5	64,5	58,0	63,0	-	$\bar{x} = 60,2$ $S = 3,9$	$\bar{x} = 60,2$ $S = 3,9$	60,79	40,93
		52,0	57,5	56,5	-				
		63,0	67,5	62,0	-				
Esquerdo	6	62,5	60,0	61,5	-	$\bar{x} = 62,0$ $S = 2,3$	$\bar{x} = 62,0$ $S = 2,3$	63,24	42,58
		60,0	60,0	61,5	-				
		58,0	61,0	63,5	-				
Esquerdo	7	54,0	63,0	58,0	-	$\bar{x} = 60,4$ $S = 3,4$	$\bar{x} = 60,4$ $S = 3,4$	62,32	41,96
		62,5	64,5	58,5	-				
		57,0	54,0	56,0	-				
Esquerdo	8					$\bar{x} = 60,2$ $S = 4,1$	$\bar{x} = 60,2$ $S = 4,1$	62,12	41,82

Continua...

...Conclusão

		61,5	59,0	62,0	-				
		60,0	65,5	66,0	-				
Esquerdo	9	53,0	51,5	56,5	-	$\bar{x} = 55,5$ $S = 2,8$	$\bar{x} = 55,5$ $S = 2,8$	56,61	38,11
		58,5	60,0	53,0					
		55,0	55,0	57,0	-				
Esquerdo	10	59,0	68,5	55,5	-	$\bar{x} = 62,7$ $S = 4,5$	$\bar{x} = 62,7$ $S = 4,5$	64,87	43,67
		67,5	61,5	61,5	-				
		68,5	60,5	61,5	-				
Esquerdo	11	46,5	57,5	59,5	-	$\bar{x} = 56,3$ $S = 5,0$	$\bar{x} = 56,3$ $S = 5,0$	57,83	38,93
		58,5	51,0	56,0	-				
		63,0	60,0	54,5	-				
Direito	1	54,5	59,5	59,0	53,0	$\bar{x} = 58,1$ $S = 5,4$	$\bar{x} = 58,1$ $S = 3,3$	59,26	39,90
		50,5	48,0	65,0	61,5				
		57,0	61,5	57,5	53,0				
		58,5	63,5	68,5	58,5				
Direito	2	56,0	56,5	44,5	60,0	$\bar{x} = 55,9$ $S = 4,4$	$\bar{x} = 56,7$ $S = 2,9$	57,83	38,93
		61,0	62,0	55,0	50,0				
		59,5	53,5	53,5	56,5				
		55,0	55,5	60,0	54,5				
Direito	3	59,0	62,0	59,5	-	$\bar{x} = 58,5$ $S = 2,6$	$\bar{x} = 58,5$ $S = 2,6$	60,69	40,86
		50,5	56,6	60,0	-				
		57,0	58,5	63,5	-				
Direito	4	54,0	57,4	54,5	-	$\bar{x} = 52,2$ $S = 2,9$	$\bar{x} = 52,2$ $S = 2,9$	53,24	35,84
		50,0	51,0	50,5	-				
		50,5	54,0	48,0	-				
Direito	5	52,5	61,5	52,5	-	$\bar{x} = 54,1$ $S = 4,7$	$\bar{x} = 54,1$ $S = 4,7$	55,18	37,15
		59,5	53,0	57,0	-				
		55,0	49,0	47,0	-				
Direito	6	56,5	67,5	54,0	-	$\bar{x} = 56,4$ $S = 5,3$	$\bar{x} = 56,4$ $S = 5,3$	56,81	37,82
		50,0	51,5	54,0	-				
		60,5	58,5	55,0	-				
Direito	7	57,5	60,0	56,0	-	$\bar{x} = 56,3$ $S = 2,6$	$\bar{x} = 56,3$ $S = 2,6$	57,43	38,66
		56,5	59,5	53,0	-				
		54,0	57,5	53,0	-				
Direito	8	53,0	46,0	52,0	-	$\bar{x} = 52,7$ $S = 4,0$	$\bar{x} = 52,7$ $S = 4,0$	53,55	36,05
		52,0	55,5	60,5	-				
		53,5	49,5	52,0	-				
Direito	9	61,5	52,5	64,5	-	$\bar{x} = 56,8$ $S = 7,4$	$\bar{x} = 56,8$ $S = 7,4$	59,06	39,76
		64,5	45,0	58,0	-				
		48,0	56,0	61,5	-				
Direito	10	48,0	47,5	57,5	-	$\bar{x} = 51,6$ $S = 4,1$	$\bar{x} = 51,6$ $S = 4,1$	52,63	35,43
		51,0	52,5	45,5	-				
		51,0	55,5	55,5	-				
Direito	11	65,5	52,5	52,0	-	$\bar{x} = 60,2$ $S = 5,5$	$\bar{x} = 60,2$ $S = 5,5$	63,65	42,85
		65,5	59,5	66,0	-				
		60,0	57,0	63,5	-				

Fonte: Autores, 2018.

Através dos resultados obtidos pela realização do ensaio de esclerometria, foi possível perceber que o índice esclerométrico corrigido médio do lado esquerdo apresenta valor médio de 59,98 N.mm, com um desvio padrão de 3,9. Já no lado direito, o valor encontrado foi de 57,18 N.mm, com um desvio padrão de 3,4. Com isso, foi observado que a dureza superficial do concreto do lado esquerdo obteve um valor melhor que o do lado direito, já que o desvio padrão apresentou valores aproximados.

Isso decorre da ação da carbonatação presente na peça estrutural. Segundo Bauer (2011), esse efeito tem uma influência negativa, pois fraudar o real valor da resistência do concreto. Destaca que a carbonatação no concreto armado não age de forma positiva, pois compromete sua segurança pelo motivo de atacar as armaduras.

Não há relatos de concretos de alta resistência na década da construção da ponte sobre o rio Paranaíba, já que não existiam normas que estabeleciam métodos de execução para esse efeito. Havia a preocupação e o conhecimento de se ter uma estrutura com boas características e bons materiais, porém não existiam recursos necessários para tais efeitos.

Na análise realizada sobre os dados coletados através do ensaio de esclerometria e comparados com a curva de calibração do aparelho, pôde-se notar que os valores não apresentam a real situação do estado da ponte, já que não havia concretos com resistências elevadas naquela época. Tal motivo pode ser justificado pela existência da carbonatação, já que, segundo Réus *et al* (2016), essa manifestação patológica altera consideravelmente os valores reais da estrutura.

4.1.3 Ensaio de Ultrassonografia

O aparelho de ultrassom foi configurado e testado para comprovar a sua calibração. Devido ao fato de a limpeza do local do ensaio já ter sido executada anteriormente, deu-se início ao ensaio, aplicando-se o gel acoplante nos transdutores e, em seguida, posicionando-os na peça. Repetiu-se o ensaio no mesmo lado do arco com 5 distâncias. Os resultados apurados estão apresentados na tabela 2. Os ensaios 1 e 2 foram realizados no lado esquerdo da ponte, e os ensaios 3 e 4, no lado direito.

Tabela 2 – Resultado do Ensaio de Ultrassonografia nos Arcos

Ensaio	Distância (cm)	Tempo (µs)	Ensaio	Distância (cm)	Tempo (µs)
1	10	35,8	2	10	30,8
	20	58,3		20	54,6
	30	90,5		30	103,6
	40	143,7		40	143,0
	50	221,5		50	170,4
3	10	29,9	4	10	32,7
	20	61,6		20	77,2
	30	80,7		30	115,9
	40	149,9		40	176,9
	50	166,8		50	219,2

Fonte: Autores, 2018.

Em cada ensaio, foram obtidas velocidades de propagação da onda, dispostas a seguir. Foram criadas duas distâncias, já que as velocidades de propagação das ondas mostradas à esquerda apresentaram valores relativamente baixos.

Para melhor compreensão e classificação dos resultados, Cánovas (1998) criou um quadro para que fosse possível diferenciar um concreto de outro por meio de sua velocidade de propagação da onda ultrassônica. A tabela 3 apresenta tais especificações, de acordo com os valores encontrados na ponte sobre o rio Paranaíba.

Tabela 3 - Velocidade de propagação da onda ultrassônica.

Ensaio	5 distâncias (m/s)	Qualidade do concreto	3 primeiras distâncias (m/s)	Qualidade do concreto
1	2.550,4	Regular	3.293,5	Bom
2	2.922,6	Regular	3.074,5	Bom
3	2.974,0	Regular	3.528,2	Ótimo
4	2.343,0	Regular	2.613,6	Regular

Fonte: Autores, 2018.

Para cada tipo de concreto, necessita-se de um tipo específico de material. No caso da ponte sobre o rio Paranaíba, não se sabe ao certo os aglomerantes e agregados utilizados, já que, naquela época, não existiam normas brasileiras para tal tipo de construção. De acordo com a NBR 8802 (ABNT, 2013), isso relativamente influencia nas leituras dos ensaios de ultrassom.

O método do ensaio de ultrassonografia aplicado na ponte sobre o rio Paranaíba foi o modo de transmissão indireta, embora não seja tão recomendado pelo fato de a acentuação do sinal recebido ser menor do que o realizado pelo modo direto. Esse foi o recurso a ser utilizado, pelo motivo da situação em que a ponte se encontrava.

Em geral, os resultados apresentaram valores regulares, considerando o ensaio com 5 distâncias. Pensando em um método para que esses valores exibissem resultados consideráveis, levou-se em conta apenas 3 distâncias. Desse modo, obtiveram-se velocidades de propagação mais elevadas devido à retirada dos pontos com as distâncias maiores, ou seja, 0,4 m e 0,5 m.

Por meio da tabela 3, observam-se os resultados obtidos no ponto 4, que está localizado no lado direito da ponte, próximo à cidade. Os valores são relativamente baixos quando comparados com os de mais. Tal fato se deve possivelmente à diversidade de materiais que foram utilizados na construção da estrutura. É necessária uma atenção maior nesse ponto.

A baixa velocidade encontrada no pulso da onda ultrassônica representa a ocorrência de um conjunto de anomalias na ponte. Isso se deve à falta de homogeneidade do concreto. Possivelmente a quantidade de vazios está elevada fazendo com que a onda demore a percorrer o trajeto até o outro transdutor. Esses valores decorrem dos seguintes fatores: resistência à compressão do concreto; consideração da agressividade do ambiente; adensamento e cura insuficiente; e falhas no escoramento.

4.2 VOLUME DE TRÁFEGO

A contagem de tráfego foi realizada nos dias 02, 04 e 05 de agosto de 2018, no período de 6h:00m à 22h:00m. Devido à ponte possuir somente uma faixa de passagem, a contagem foi executada considerando todos os veículos que passam por ela independentemente do sentido. Os resultados estão na tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Volume de Tráfego mensal

NOME E CLASSE	QUANT. DE EIXOS	VMD
CAMINHÃO (2C)	2	330
CAMINHÃO TRUCADO (3C)	3	69
CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE (2S2)	4	32
CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE (3S2)	5	1
CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE (2I3)	5	1
CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE (3S3)	6	40
CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE (3I3)	6	5
CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE (3C3)	6	1
CAMINHÃO TRATOR (X)	3	3
ROMEU E JULIETA (CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE) (3D4)	7	3
RODOTREM (CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + DOIS SEMI REBOQUES DOM DOLLY) (3T6)	9	1
ÔNIBUS (2CB)	2	81
CARRO	-	2.578
MOTO	-	1.138

Fonte: Autores, 2018.

Pelos valores apresentados, percebe-se a quantidade de veículos que transita, no decorrer do dia, na ponte sobre o rio Paranaíba, com predominância de carros e motos. Essa alta quantidade possivelmente se deve à existência da área industrial do outro lado da ponte, já que os trabalhadores necessitam deslocar-se. Outro motivo plausível para valores tão elevados de carros e motos é a presença de loteamentos, chacreamentos e acesso a vários distritos.

Os valores referentes a ônibus e a caminhões não foram tão significativos comparados aos de carros e motos, porém notou-se um número considerável de veículos de carga, visto que a área industrial e os distritos vizinhos requerem transporte para seus produtos e matéria prima.

4.2.1 Número N

Segundo o DNIT (2006), o número N é a quantidade de eixo padrão de 8,2 toneladas que percorre um determinado trecho em um ano. A obtenção de tal número foi demonstrada a seguir, levando-se em consideração apenas veículos de carga.

$$N = 365 \times VMD \times FE \times FC$$

O VMD da fórmula trata do somatório de veículos de carga que passam pelo trecho em um dia. Tal valor é de 567.

O FE (fator de eixo) foi obtido pela divisão do número de eixos; é obtido pela multiplicação da quantidade de eixos pelo VMD, pela quantidade de veículos. Obteve-se então o valor de 2,61.

Já o FC (fator de equivalência de carga) refere-se ao valor que expressa a quantidade de transição de um eixo padrão, que, no caso, é de 8,2 toneladas. Para que fosse possível a conversão desse valor, utilizaram-se as equações de USACE apresentadas pelo DNIT. Portanto, o valor total encontrado foi de 279,39.

Após determinação de todos os fatores da equação, computou-se em um valor de número N de 150.913.221. Portanto, nota-se que a quantidade de eixo padrão que transita sobre a ponte é consideravelmente elevada. Como se trata de eixos de 8,2 toneladas, é indiscutível que causam grande impacto na estrutura da ponte.

A porcentagem de veículos com carga de 10 a 20 toneladas é superior a todos os outros. Isso se deve à quantidade de caminhões com carga máxima de 16 toneladas que transitam frequentemente nesse trecho. Do outro lado da ponte, existe o aterro sanitário que é responsável por inúmeros caminhões dessa classe, além de ser o local de despejo de entulhos, normalmente carregados em caminhões poliguindaste.

Outra justificativa para elevada porcentagem de veículos com tais cargas é a grande quantidade de ônibus de 16 toneladas que necessitam circular por esse trajeto, já que diversas pessoas chegam a seus trabalhos por meio destes.

Os veículos com carga máxima de 21 a 30 toneladas apresentaram grande relevância para tal contagem, dado que a transição desse tipo de veículo foi elevada. Uma justificativa para esse fenômeno é a presença da área industrial do outro lado da ponte, que requer o deslocamento de produtos e matérias primas.

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado a respeito da ponte sobre o rio Paranaíba localizada na cidade de Patos de Minas – MG permitiu a percepção do estado estrutural em que ela se encontrava e a grande importância que ela representa para o município, por ser ligação entre dois polos da cidade.

Em decorrência da análise visual, perceberam-se manifestações patológicas que afetam a estrutura tanto na parte interna, quanto na externa. Observou-se que a ponte apresentava inúmeras anomalias: fissuração, manchamento por mofo, deslocamento do concreto e descolamento da pintura. Essas anomalias são decorrentes tanto de falha na execução e na falta de manutenção, quanto de ações climáticas.

Por meio do ensaio de esclerometria, constatou-se carbonatação na estrutura, já que as resistências estimadas através das durezas superficiais encontradas nos ensaios e na curva de calibração do aparelho apresentaram resultados maiores que o esperado. Não há relatos de resistências tão elevadas na época de execução da ponte.

O método de ultrassonografia foi utilizado de modo indireto, devido à localização das partes da estrutura ensaiadas não possibilitarem outro tipo de realização do teste. Os resultados coletados com 5 distâncias foram regulares, já com 3 apresentaram valores consideráveis, em decorrência da retirada das maiores distâncias

e da grande quantidade de vazios que causam diminuição da velocidade de propagação ultrassônica.

Os resultados obtidos tanto no ensaio de esclerometria quanto no de ultrassonografia permitiram perceber que o lado direito apresentou valores menores em comparação com os do lado esquerdo. Foi perceptível, portanto, que com o lado direito deve-se ter uma maior observação.

Mediante as análises realizadas na ponte, foi possível a constatação de anomalias, em decorrência do tempo de construção e da falta de manutenção da obra de arte. Existem métodos para solucionar ou minimizar tais efeitos em uma estrutura, porém necessita-se de uma análise aprofundada para determinação da ação mais eficaz.

A contagem volumétrica averiguou a constatação de um grande fluxo de veículos que transitavam pela ponte e, em decorrência disso, um valor alto do número N. A explicação para esses resultados é a vasta utilização e importância que essa ponte tem para a população municipal e regional.

Pela análise, percebeu-se que não deveria transitar caminhão nem mesmo com menor carga, que seriam 16 toneladas. Essa sobrecarga constante afeta consideravelmente a estrutura, acarretando, assim, cada vez mais desgaste nas peças estruturais.

Pelo motivo de a ponte estudada ser um patrimônio histórico, tornaram-se limitadas algumas ações, como as extrações de corpos de prova, método que permitiria uma abrangência maior e um resultado mais fundamentado.

Algumas sugestões para trabalhos futuros seria um método para averiguação da vibração com carregamento dinâmico e deformações com carregamentos estáticos. Esses testes são realizados com a prova de carga, obtendo-se, assim, um valor da real carga que a ponte suportaria.

Notou-se um descuido no âmbito da manutenção da ponte sobre o rio Paranaíba. Qualquer estrutura de concreto necessita de estar sempre em um estado de conservação ideal. Para neutralizar as reações existentes na estrutura analisada, de forma a combater a evolução de tais manifestações, é necessário um estudo mais aprofundado. É fundamental que se tenha uma preocupação maior com a ponte, dada a importância que ela apresenta para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Jairo José de Oliveira. **Durabilidade das estruturas de concreto armado:** análise das manifestações patológicas nas estruturas do estado de Pernambuco. 1997. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO. **Ensaio não destrutivo e inspeção.** Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=709&c=17&s=&friendly=>. Acesso em: 23 fev. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1**: avaliação de bens parte 1: procedimentos gerais. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: concreto endurecido: avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8802**: concreto endurecido: determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2006. 92p. (Notas de aula).

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. v. 2, 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção: patologia, reabilitação, preservação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

Disponível em:

http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf. Acesso em: 02 de mar. 2018.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: PINI, 1998. 522 p.

CARDOSO, Manoel Gonçalves. **Avaliação da integridade estrutural de pontes metálicas da ferrovia turística Ouro Preto/Mariana (MG) por meio de modelagem numérica e técnicas laboratoriais**. 2007. 198f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG.

COSTA, Cristina Margarida Rodrigues. **Análise numérica e experimental do comportamento estrutural de pontes em arco de alvenaria de pedra**. 2009. 618f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2009.

DANNEMANN, Eitel. Antiga ponte do rio Paranaíba em construção. **EfecadePatos**, Patos de Minas, 06 maio 2016. Disponível em:
<http://www.efecadepatos.com.br/?p=20358>. Acesso em: 28 fev. 2018.

DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de Concreto**. São Carlos: Departamento de Engenharia de Estruturas, 2009. 106 p. Apostila.

LOTTERMANN, André Fonseca. **Patologias em estruturas de concreto**: estudo de caso. 2013. 66f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí – RS.

MEDEIROS, Marcelo. **Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos**. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1. Acesso em: 20 set. 2018.

MELLO, Antônio de Oliveira. **Patos de Minas, meu bem querer**. 3. ed. Patos de Minas: SEMED, 2008. 413 p.

MINÁ, Alexandre José Soares. **Estudo de estacas de madeira para fundações de pontes de madeira**. 2005. 177f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.

RÉUS, G. C.; SILVESTRO, L.; MEDEIROS, M. H. F. de; SOUSA, D. J.; GOMES, G. R.; SANTOS FILHO, M. L. Influência da frente de carbonatação na resistência superficial do concreto obtida pelo método da esclerometria. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES – CBPAT, 2016, Belém - PA. **Anais [...]**, Belém, abr. 2016.

SACHS, Ana. Recuperação estrutural. Tratamento intensivo. **Téchne**, ed. 220, ano 23, jul. 2015.

SAHUINCO, Melquiades Hermógenes Choquepuma. **Utilização de métodos não destrutivos e semi-destrutivos na avaliação de pontes de Concreto**. 2011. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.

SAHADE, Renato Freua; MACHADO, Luciana Varela; CAVANI, Gilberto de Ranieri. Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em revestimentos de vedação. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, Fortaleza – CE, 2013.

Avaliação da tenacidade e capacidade de reforço de compósitos cimentícios com filamentos de diferentes metais

Tenacity evaluation and reinforcement capacity of cement composites with different metals

Henrique Pains Morais

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: henriquepains@hotmail.com

Rangel de Abreu Moreira da Silva

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: rangel.moreira@live.com

Eduardo Pains de Morais

Mestre em Estruturas e Construção Civil; Docente do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: eduardopm@unipam.edu.br

Douglas Ribeiro Oliveira

Especialista em Engenharia Sanitária; Docente do curso de Engenharia Civil (UNIPAM).

E-mail: douglasro@unipam.edu.br

Resumo: O concreto é um dos materiais mais utilizados pelo ser humano em todo o mundo. Sua vasta utilização se dá pelas suas características físico-químicas que proporcionam a ele a capacidade de resistir a esforços elevados à compressão. Em contrapartida, apenas 10% dessa resistência corresponde aos esforços de tração, o que fez com que o aço se tornasse peça fundamental nos sistemas estruturais, com a função de compensar a baixa resistência à tração do concreto. Ainda assim, surgem fissuras ou trincas nos pontos mais frágeis do concreto onde o aço não consegue resistir, e uma forma de mitigar esse surgimento é reforçar o concreto com elementos de alta resistência à tração e alongamento. Neste estudo, analisou-se a capacidade de reforço de fibras produzidas a partir de fios de baixo e alto carbono, obtendo-se as tensões máxima, de colapso e energias de colapso e máxima.

Palavras-chave: Construção civil. Concreto. Tenacidade. Resistência à tração.

Abstract: Concrete is one of the most widely used materials in the world. Its vast use is due to its physico-chemical characteristics that allow it to withstand high compressive stresses. In contrast, only 10% of this resistance corresponds to tensile stresses, which made steel become a keystone in structural systems, with the function of compensating for the low tensile concrete strength. However, fissures or cracks appear in the most fragile areas of concrete where steel

cannot withstand, and one way to mitigate this emergence is to reinforce concrete with high tensile and elongation elements. In this study, the capacity of reinforcement of fibers produced from low and high carbon wires was analyzed, obtaining collapse maximum tensions and collapse energies and maximum.

Keywords: Civil Construction. Concrete. Tenacity. Tensile strength.

1 INTRODUÇÃO

A busca por novas tecnologias aplicáveis ao concreto vem se tornando algo rotineiro na Engenharia Civil nos últimos anos devido ao vasto campo de pesquisas que esse material proporciona, sendo sua resistência mecânica em relação a esforços solicitantes uma das principais temáticas analisadas. Por meio de tais pesquisas, foram descobertos e aprimorados diferentes tipos de agregados, aglomerantes e adições visando à maior resistência e melhor comportamento nas diversas aplicações da construção civil. Esses estudos também constataram e investigam deficiências apresentadas pelo concreto convencional, como a baixa resistência a esforços de tração, que foi analisada no presente trabalho.

Na antiguidade, os romanos construíam pontes e aquedutos de pedra em arco, para que o material pudesse exercer apenas trabalho de compressão, possibilitando a passagem de vias sobre rios e o transporte de água por caminhos longos. Porém, quando o concreto estrutural passou a ser utilizado, abriu-se um vasto campo de estudos para que se pudesse desenvolver uma forma de transformá-lo resistente à tração. Dessa forma, no século XX, foi pensada e desenvolvida a execução do concreto em conjunto com o aço, dando origem ao concreto armado.

Desde então o concreto começou a fazer parte das estruturas de grande porte, até se tornar a principal matéria-prima utilizada nas construções do mundo inteiro. No entanto, com o passar dos anos, revelou-se, na Engenharia Civil, a preocupação com a durabilidade e vida útil das estruturas provenientes deste material. Manifestações patológicas passaram a ser recorrentes nos sistemas construtivos, dentre as quais se destacam as fissuras, que podem evoluir para trincas, rachaduras e fendas, os manchamentos, as corrosões e os destacamentos. As fissuras são majoritariamente oriundas de esforços de tração, para os quais o concreto é pouco resistente. Os esforços são majorados com a tentativa de obtenção de vãos e cargas cada vez maiores, induzindo momentos fletores que levam a parte tracionada do elemento estrutural a manifestar a deficiência.

Uma forma de mitigar o surgimento das trincas no concreto é reforçá-lo com elementos de alta resistência à tração e alongamento, sendo essa fusão denominada compósito. Entre eles, é comum a utilização de fibras cuja difusão como elementos de reforço no concreto tem se dado principalmente na execução de pavimentos rígidos, revestimento de túneis, elementos não estruturais, etc. Destacam-se, convencionalmente, as fibras de aço, utilizadas para combater o cisalhamento frequente no processo de fissuração de um elemento fletido. Dessa forma, as fibras agem como pontes de transferência de tensão entre as áreas adjacentes à matriz previamente fissurada (ISAIA, 2011).

Por meio desse estudo, foi possível desenvolver uma análise relevante sobre o desempenho das fibras oriundas de diferentes características físico-químicas, utilizando-se a norma NBR 15530 (ABNT, 2007a) para estabelecer parâmetros de formas geométricas e dimensões dessas fibras. Assim, foi possível perceber o desempenho mecânico do concreto quando este recebe esforços verticais que tendem a flexioná-lo, sendo feita a análise dos tipos de fibras utilizadas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONCRETO

De acordo com Isaia (2010), “o concreto de Cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade [...] e pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade”. Este apresenta propriedades que proporcionam um vasto campo de pesquisas, possibilitando avanços recorrentes, por meio de estudos que anseiam por inovações tecnológicas.

Constituído basicamente por aglomerante (cimento), agregados (miúdo e graúdo) e água, quando recém-produzido, o concreto deve apresentar alguns requisitos principais, como fluidez e trabalhabilidade, indispensáveis para o seu lançamento em fôrmas com malhas de aço. É importante também adquirir, com o tempo, coesão e resistência, ocasionadas por reações químicas, como menciona Petrucci (1993).

Descoberto no século XIX e intensivamente usado no século XX, tornou-se o segundo material mais consumido pelo homem, perdendo apenas para a água. Sua ascendência no mundo da engenharia se deu devido às características que o diferenciam de outros materiais “concorrentes”, como o aço e a madeira. Mehta e Monteiro (2014) apontam que o concreto apresenta melhor desempenho em relação à água, demonstra consistência plástica que o torna facilmente moldado de diversas formas e tamanhos, possui resistência ao fogo, baixo custo, entre outras diversas características.

Segundo Isaia (2010), o concreto também pode contar com aditivos, pigmentos, fibras, agregados especiais e adições minerais, cujos empregos tornam-se cada vez mais frequentes nos concretos atuais. Dessa forma, é possível atingir diferentes classes de concreto, como o concreto leve, o pesado, o permeável, o colorido, o autoadensável, o de alta resistência, entre outros. Seu uso se difundiu, principalmente devido à criação de uma tipologia construtiva e estrutural chamada concreto armado, na qual se utiliza o aço combinado ao concreto para suporte das cargas e deformações das estruturas.

2.2 CONCRETO ARMADO

Logo que o concreto começou a ser utilizado na construção civil, alguns problemas foram detectados em seu comportamento mecânico em relação a alguns esforços aplicados em vigas ou lajes. Nessas estruturas, quando flexionadas, na zona comprimida o concreto se comporta suficientemente bem, porém, na parte tracionada,

manifesta fissuras e, posteriormente, o rompimento frágil devido à baixa resistência à tração. “Em média, o concreto resiste à compressão dez vezes mais do que à tração” (BOTELHO; MARCHETTI, 2013).

Assim, surgiu a necessidade de se reforçar o concreto na parte inferior quando é aplicada em elementos fletidos. No século XX, o jardineiro Joseph Monier (1823-1906), partindo da ideia de Joseph-Louis Lambot (1814-1887), que criou um barco de “cimento armado”, decidiu aplicar a técnica em seus vasos, buscando maior resistência e durabilidade com menor custo, obtendo muito sucesso. Anos mais tarde, construiu pontes e passarelas, ficando conhecido futuramente como o pai do concreto armado (CARVALHO, 2008).

A ótima aderência do concreto com o aço garante eficiência e segurança na transmissão dos esforços e deformações (PILOTTO NETO, 2017). Esse sistema transformou-se, então, no mais utilizado em construções de grande porte devido à capacidade de vencer vãos com deformações mínimas e imperceptíveis. Todavia, apesar dos benefícios já citados, o concreto armado apresenta alguns pontos negativos, como maior geração de resíduos e peso próprio elevado.

Muitos estudos são desenvolvidos buscando transformar o concreto em um material com características dúcteis, sendo capaz de resistir à abertura e propagação de fissuras e até resistir à flexão, mesmo pós-fissurado. A adição de fibras na matriz do concreto minimiza seu comportamento frágil característico, passando a ser um material pseudo-dúctil, ou seja, mesmo após a fissura, o material continua resistindo aos esforços nele aplicados (FIGUEIREDO, 2000).

2.3 FIBRAS

“A utilização de materiais fibrosos em construções não é recente. Muito antes da era cristã, cerca de 2500 a.C., na região onde hoje é conhecida como Finlândia, já se empregavam materiais à base de amianto” (FORTES, 2000). As fibras são constituídas por filamentos retirados de tecidos animais, vegetais ou minerais. Atualmente, na construção civil, as fibras de aço são mais comuns.

Segundo ABNT (2007a), fibras de aço referem-se a filamentos de aço descontínuos produzidos especificamente para o uso em concretos. A norma tem como função estabelecer parâmetros de classificação, formas geométricas e tolerância quanto à resistência e às dimensões das fibras.

Além das fibras de aço, existem vários outros tipos de fibras aplicáveis ao concreto, cuja função principal é conter a retração, em menor escala, até a abertura e propagação de fissuras, em maior escala. Entre elas, citam-se as fibras poliméricas de Polipropileno, Polietileno e Poliamida, as fibras vegetais de Bambu e Sisal, além das inorgânicas como as fibras vidro e metálicas, em que se encaixam as fibras de aço.

2.3.1 Fibras Metálicas

Como menciona a ABNT (2007a), a classificação das fibras metálicas é estabelecida em relação à sua conformação e ao seu processo de produção, posteriormente distinguidas com base no tipo e classe pertencentes.

As fibras do tipo A possuem ancoragem nas extremidades e sua função é atuar como uma espécie de gancho, permitindo maior aderência à matriz, além de dificultar o caminho das tensões atuantes na fibra. Já as fibras do tipo C são corrugadas, ou seja, possuem o revestimento rugoso, permitindo que o composto adira com mais qualidade no concreto. Por fim, fibras do tipo R são retas, isto é, sem ancoragem nas extremidades.

Quanto à sua classe, as fibras são classificadas entre classe I, como sendo oriunda de arame trefilado a frio, classe II, proveniente de chapa laminada e cortada a frio e, por fim, classe III, derivada de arame trefilado e escarificado.

Figura 1 - Relação entre tipo, classe e geometria das fibras

Tipo	Classe da fibra	Geometria
A	I	
	II	
C	I	
	II	
	III	
R	I	
	II	

Fonte: Isaia (2011).

Com base nesta classificação, calcula-se o fator de forma, que consiste na relação entre o comprimento e o diâmetro equivalente da fibra (diâmetro de um círculo com área igual à área da seção transversal). Sucessivamente, em conjunto com o limite de resistência à tração de determinado aço, é possível determinar alguns parâmetros mínimos para produção das fibras.

Tabela 1 - Relação entre tipos e classes de fibras de aço produzidas especificamente para concreto

Tipo (geometria)	Classe da fibra	Fator de forma mínimo λ	Limite de resistência à tração do aço (Mpa)
A	I	40	1000
	II	30	500
C	I	40	800
	II	30	500
	III	30	800
R	I	40	1000
	II	30	500

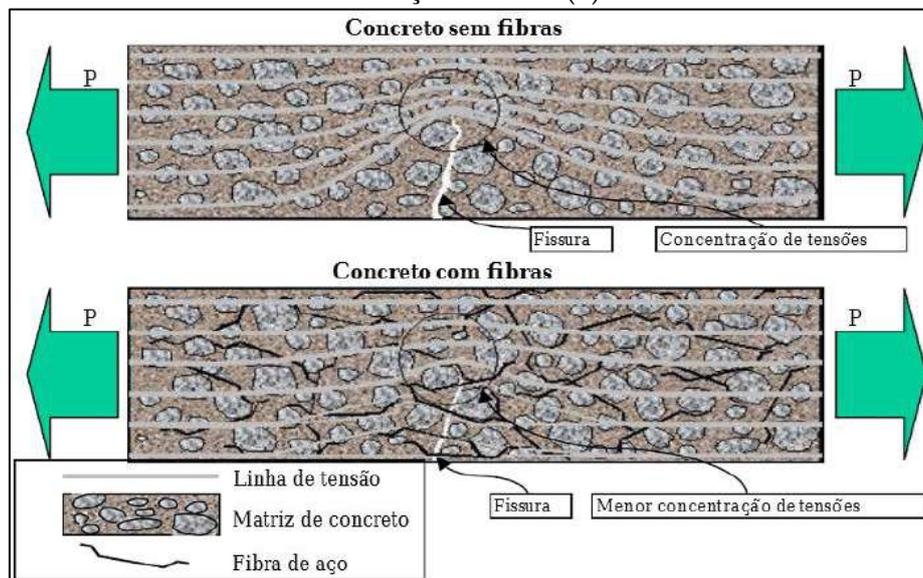
Fonte: ABNT (2007a)

De acordo com a Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho, (ANAPRE, 2012), as fibras podem ser dispostas homoganeamente de duas formas no concreto: soltas ou coladas. As fibras soltas são distribuídas de forma separada ou unitariamente; em contrapartida, as coladas são dispostas na forma de pentes colados ou unidas entre si por uma cola solúvel em água. As fibras são dispostas homoganeamente por toda a extensão da matriz cimentícia, porém essa vantagem não é tão relevante quando se trata de reforços pontuais, como em vigas biapoiadas. Desse modo, a utilização das fibras se torna mais útil em estruturas contínuas (ISAIA, 2011).

2.4 CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS (CRF)

O concreto reforçado com fibras está ficando cada vez mais comum no mercado da construção civil. Suas características são interessantes, voltadas para um problema dos compostos cimentícios que é sua característica frágil. Portanto, “quando se adicionarem fibras de resistência e módulo adequado ao concreto num teor apropriado, esse material deixa de ter o caráter marcadamente frágil. Isso ocorre pelo fato de a fibra servir como ponte de transferência de tensões pelas fissuras” (ISAIA, 2011). Dessa forma, quanto maior a resistência da fibra, maior a capacidade da estrutura de receber cargas, em virtude da resistência do concreto mesmo após a fissuração.

Figura 1 - Esquema de concentração de tensões para um concreto simples (a) e com reforço de fibras (b)



Fonte: Isaia (2011)

O teor de fibras utilizado tem interferência direta na capacidade de reforço de uma viga, assim sendo apontado como principal parâmetro definidor do comportamento dos compósitos (FIGUEIREDO 2011). Além do teor e da resistência, a

geometria das fibras também é fundamental para o desempenho do concreto após a fissuração. À vista disso, utiliza-se o fator de forma (λ), que consiste na relação entre o comprimento e o diâmetro equivalente da fibra. Por consequência, quanto maior o comprimento da fibra (até certo limite), ou menor o diâmetro equivalente, maior será o fator de forma; a partir disso, quanto maior for o fator de forma, maior a capacidade de resistência da fibra após a fissuração do concreto (ISAIA, 2011).

2.5 TENACIDADE

O concreto, no seu processo de recepção de cargas solicitantes, é sujeito a deformações e movimentações de suas partículas, sendo exigida grande aderência entre a matriz e agregados. Entretanto, o concreto convencional apresenta fragilidade neste ponto, proporcionando rápida propagação de fissuras e, por fim, o colapso. A tenacidade trabalha como sendo a capacidade de absorver energia antes da ruptura do material, garantido maior vida útil para as estruturas.

Villares (2001) obteve resultados de tenacidade proporcionais ao aumento do teor de fibras no concreto. Tais resultados foram obtidos independentemente da forma geométrica dos prismas ensaiados à flexão pura.

Quadro 1 - Influência do tamanho do corpo de prova na medida de tenacidade

Teor de fibra (kg/m ³)	Dimensão do corpo de prova (b x h x L) (mm)	Tenacidade à flexão (kN x mm)
20	150 x 150 x 450	29,15
	300 x 150 x 450	62,62
	450 x 150 x 450	112,8
30	150 x 150 x 450	44,84
	300 x 150 x 450	100,03
	450 x 150 x 450	168,13
40	150 x 150 x 450	60,26
	300 x 150 x 450	135,08
	450 x 150 x 450	226,13

Fonte: Villares (2001)

A tenacidade, na prática, é definida como sendo a área formada abaixo da curva no gráfico de tensão por deformação, que equivale à energia de deformação absorvida pelos elementos estruturais antes do colapso. O método mais utilizado no Brasil para a determinação da tenacidade é o Japan Society of Civil Engineers (JSCE- 1984). Trata-se de ensaios realizados com corpos de prova prismáticos submetidos a ensaios de flexão pura com quatro cutelos (ISAIA, 2011).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foi necessário adquirir fios de aço baixo carbono e aço alto carbono com o mesmo diâmetro e forma geométrica. Foram efetuadas pesquisas para buscar fornecedores que possuíssem esses materiais com as devidas verificações.

Posteriormente, foram decididas as dimensões das fibras com base no seu diâmetro equivalente, de modo a obtê-las com fator de forma (λ) 40, calculado através da ABNT (2007a). As fibras foram produzidas através de corte manual com alicate específico para cortes de fios de aço.

Foi calculado o traço do concreto por meio do método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), utilizando-se resistência à compressão de 30 MPa, slump 16 cm e materiais disponíveis na região de Patos de Minas.

O concreto foi amassado, conforme a NBR 12665 (ABNT, 2015), no Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas e, posteriormente, utilizado para preenchimento das fôrmas prismáticas de 10 x 10 x 40 cm conforme a ASTM C1609/C1609M-12 Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading), 2012, além dos moldes cilíndricos para ensaio de compressão, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2016).

Nos traços com reforço de fibras, foram adicionadas 2 taxas de consumo de fibras durante o amassamento, sendo 15 kg/m³ e 30 kg/m³. A cura foi realizada conforme a norma NBR 5738 (ABNT, 2016), submerso em tanque com água.

Os ensaios mecânicos de resistência à compressão e tração na flexão do concreto foram efetuados aos 28 dias de idade por meio das normas NBR 5739 (ABNT, 2018) e NBR 12142 (ABNT, 2010), respectivamente.

No processo de rompimento das vigas, para avaliação da energia suportada e deformação máxima, foram aplicadas duas velocidades de carregamento, sendo uma próxima à normatizada pela NBR 12142:2010 (10 mm/min) e outra a máxima permitida pela prensa universal (500 mm/min), a fim de se simular o comportamento de ruptura lenta e ruptura por impacto.

4 RESULTADOS

Para que as atividades práticas pudessem ser iniciadas, foram adquiridos os materiais, sendo estes os agregados, o cimento e os fios. Posteriormente, foram realizados os ensaios de caracterização para que se pudesse ser efetuado o cálculo da dosagem do concreto com as devidas proporções a fim de se obter a resistência e a trabalhabilidade desejada.

O processo de caracterização desses materiais se deu através dos seguintes passos:

- Massa específica do cimento Portland (ABNT NBR NM 23:2016);
- Massa específica do agregado miúdo (ABNT NBR NM 52:2009);
- Massa específica aparente e absorção de água do agregado graúdo (ABNT NBR NM 53:2009);
- Massa unitária do cimento Portland (alteração da ABNT NBR 12127:2017);
- Massa unitária dos agregados em conformidade com a norma (ABNT NBR NM 45:2006);
- Análise granulométrica dos agregados (ABNT NBR NM 248:2003).

4.1 MASSA ESPECÍFICA E UNITÁRIA

A determinação da massa específica dos componentes do concreto é de extrema importância para cálculo de dosagem a fim de se obter o consumo dos materiais utilizados na mistura (CARRIJO, 2005). Já a massa unitária se enquadra na aplicação de concretos dosados em volume ou para controle de recebimento e estocagem de materiais. Ambas as definições se baseiam na relação da massa pelo volume, sendo que, na massa específica, são desprezados quaisquer tipos de vazios, diferentemente da massa unitária. Com base nisso, para um material com as mesmas origens e características, a massa específica não sofrerá alteração se for ensaiada com diferentes granulometrias.

Neste estudo, foram executados ensaios de massa específica e massa unitária do cimento, da areia e da brita, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 2 – Massa específica e massa unitária dos materiais estudados

Material	Massa Unitária (g/cm ³)	Massa Específica (g/cm ³)
Cimento Portland	1,43	3,05
Areia Média	1,62	2,63
Brita	1,55*	2,85**

* Valor da massa unitária no estado compactado

**Brita se encontra no estado saturado com superfície seca

Fonte: O próprio autor

Para o ensaio de massa específica do aglomerante, utilizou-se cimento CII-E-32, frasco graduado Le Chatelier e querosene como líquido não reagente, resultando em 3,05 g/cm³. Cervo (2004), obteve, em seu trabalho, massa específica do cimento de 3,02 g/cm³ e Battagin *et.al.*(2002) obteve 3,1 g/cm³.

Para a realização da massa unitária do cimento, empregou-se o modelo da norma NBR 12127 (ABNT, 2017), prevista para a determinação das propriedades físicas do gesso na forma de pó. Comparada com a massa específica, essa relação da massa pelo volume diminui drasticamente na massa unitária. Nesse estudo, obteve-se 1,43 g/cm³, resultando em uma diferença de 46,88%. Em seu trabalho, Nascimento (2012) encontrou massa específica do cimento de 3,09 g/cm³ e massa unitária de 1,01 g/cm³. Comprovou-se então que existe elevada diferença entre as duas relações no cimento, graças à alta porosidade deste.

Já para massa específica e a massa unitária da areia, os valores são mais próximos entre si. No presente trabalho, obteve-se 2,63 g/cm³ e 1,62 g/cm³, respectivamente. Cervo (2004) obteve o mesmo valor de massa específica e massa unitária de 1,52 g/cm³. Constatou-se que a areia utilizada neste estudo, denominada areia média, possui grãos com dimensões menores que as convencionais, fato que contribuiu para o alto valor da massa unitária que, normalmente, gira em torno de 1,5 g/cm³, assim como nas pesquisas de Silva, Buest e Campiteli (2005), com 1,57 g/cm³, e Carasek *et.al.* (2016), com 1,53 g/cm³.

Para análise do agregado graúdo, utilizou-se brita de origem calcária disponível na região de Patos de Minas. Suas características são grãos angulosos e lamelares, que

podem diminuir o consumo de cimento do concreto. Por meio do processo de determinação da massa específica, foi necessária a obtenção da massa do agregado saturado com superfície seca e submerso, utilizando-se pano absorvente e cesto hidrostático com malha, respectivamente, resultando em

$$ds = \frac{Ms}{Ms - Ma}$$

ds = Massa específica do agregado saturado à superfície seca;

Ms = Massa do agregado saturado com superfície seca;

Ma = Massa do agregado submerso.

$$ds = 2,85 \text{ g/cm}^3$$

Conforme o item 6.2 da NBR NM 53 (ABNT, 2003), quando os agregados forem utilizados para dosagem de concreto, em que o amassamento é realizado com eles úmidos, a determinação massa específica seca não se faz necessária, visto que, com o agregado saturado com superfície seca, não haverá a absorção de água, evitando-se a alteração da quantidade de água necessária ao amassamento. Por esse motivo, neste estudo, considerou-se a massa específica da brita saturada com superfície seca.

A massa unitária da brita foi realizada por meio de dois métodos: estado solto e estado compactado. No estado solto, obteve-se 1,49 g/cm³, e no estado compactado, 1,55 g/cm³.

A dimensão e o formato dos agregados têm influência direta no resultado deste ensaio, visto que a quantidade de vazios é elevada quando se trata de granulometria uniforme, grãos arredondados ou qualquer fator que possa afastar as partículas. Essas características podem afetar, também, o abatimento e a fluidez do concreto ou argamassa (FABRO *et.al*, 2011).

4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Por meio da análise granulométrica dos agregados, foi possível realizar a determinação do módulo de finura e do diâmetro máximo característico, dados essenciais para a realização do cálculo de dosagem do concreto.

Tabela 2 - Diâmetro máximo e módulo de finura dos agregados

Material	D (máx)	MF
Agregado miúdo	6,3	2,72
Agregado graúdo	9,5	6,06

Fonte: O próprio autor

Para efeito de cálculo de dosagem de concreto, o diâmetro máximo que possui verdadeira relevância é o do agregado graúdo que, conseqüentemente, será o diâmetro máximo de todos os agregados presentes na matriz cimentícia. Já o módulo de finura,

torna-se mais considerável para o agregado miúdo. Sua caracterização classificará a amostra em fina, média ou grossa.

Vieira, Dal Molin e Lima (2004) obtiveram 2,46 como módulo de finura para o agregado miúdo natural analisado e 2,73 para agregado miúdo reciclado. Para o agregado graúdo, obtiveram dimensão máxima característica de 19 mm tanto para o agregado graúdo natural, quanto para o agregado graúdo reciclado.

4.3 DOSAGEM DO CONCRETO

Para a realização do cálculo da dosagem do concreto empregado neste estudo, utilizou-se o método da Associação Brasileira do Cimento Portland (ABCP), com o auxílio do livro Roteiro Prático para a Dosagem dos Concretos Estruturais de Helene e Terzian (1992). A partir de dados iniciais, foram dispostas caracterizações e resistências, objetivando o seguinte traço definitivo em proporção:

$$1:1,8:2,17:0,54$$

A partir do consumo de cimento, constatou-se que, conforme a norma, o concreto dosado pode ser utilizado para ambientes de até classe IV de agressividade, considerado muito agressivo pela norma NBR 12665(ABNT, 2015). O fator argamassa, ou teor de argamassa encontrado, foi de 46,9%, valor que se encaixa dentro dos limites propostos pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), cujos teores variam de 30% a 90% (ISAIA, 2011).

4.4 AQUISIÇÃO E CORTE DOS FIOS

A classificação das fibras metálicas é estabelecida quanto à sua conformação e seu processo de produção, posteriormente distinguidas com base no tipo e classe pertencentes (ABNT, 2007a). Nesse estudo, foram estabelecidas fibras do tipo R, que correspondem às fibras retas, isto é, sem ancoragem nas extremidades devido ao fato de serem produzidas sem a execução de processos industriais, e sim através do simples corte de fios. Quanto à sua classe, as fibras utilizadas pertencem à classe I, classificação condizente com a produção por meio de arame trefilado a frio.

Após a aquisição de fios de arame galvanizado e arame recozido, as fibras foram cortadas, visando à obtenção de um fator de forma (λ) 40, calculado com base na ABNT (2007a). A obtenção de misturas uniformes é completamente afetada quando o fator de forma empregado é superior a 100 (CHANH, 2005 *apud* GÓIS, 2010). Todos fios foram adquiridos com o mesmo diâmetro, sendo este obtido por meio da classificação britânica Birmingham Wire Gauge (BWG) de 18, correspondente a 1,25mm.

Tendo os valores de fator de forma e diâmetro definidos, obteve-se, então, o comprimento necessário para cada fibra, por meio da seguinte fórmula:

$$\lambda = \frac{C}{D}$$

λ = Fator de forma
C= Comprimento
D= Diâmetro

Dessa forma, obteve-se um comprimento de 50 mm para cada fibra. Figueiredo (2011) recomenda que o comprimento do filamento seja igual ou superior ao dobro da dimensão máxima característica do agregado graúdo empregado no concreto. As fibras, então, foram produzidas através de corte manual com alicate específico para cortes de fios de aço. Como, na dosagem, foi proposto um volume de 31,52 litros de concreto e, na metodologia deste trabalho, foram propostas taxas de consumo de fibras de 15 kg/m³ e 30 kg/m³, foi necessário o corte de 1,42 kg de cada tipo de cada arame utilizado.

Figura 2 - Fios e Alicates



Fonte: O próprio autor

Em seguida, foi realizado o amassamento do concreto e a moldagem das vigas, conforme a ASTM C1609/C1609M-12 e dos corpos de prova, de acordo com a ABNT NBR 5738:2008. O processo de cura do concreto se deu por meio de sua submersão em um tanque de água.

Figura 3 - Materiais separados (a), processo de amassamento (b) e teste de slump (c)



Fonte: O próprio autor

No que se refere à trabalhabilidade, quanto maiores os teores de fibras empregados, menos trabalhável será o concreto (GUIMARÃES, 1999). O concreto confeccionado obteve slump de 160 mm, sendo uma trabalhabilidade avaliada positiva para a utilização de reforços com fibras.

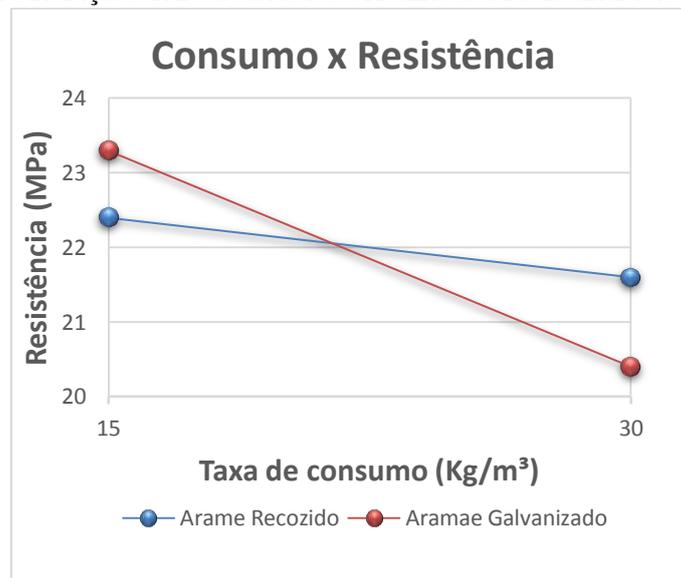
4.5 ROMPIMENTO

Após o processo de cura, as vigas e os corpos de prova foram levados à prensa Universal EMIC, situada no Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção, no Centro Universitário de Patos de Minas. Os corpos de prova foram rompidos com taxa de tensão de 0,45 MPa/s, em conformidade com a ABNT NBR 5739:2018. Já as vigas, foram rompidas em duas velocidades de carregamento, sendo a primeira 10 mm/min (carregamento quase-estático) e 500 mm/min (carregamento dinâmico)

4.5.1 Compressão

Em média, o concreto resiste à compressão, aproximadamente dez vezes mais do que à tração (BOTELHO; MARCHETTI, 2013). Nesse estudo, foram ensaiados concretos produzidos com taxas de 15 kg/m³ e 30 kg/m³ de fibras produzidas a partir de arames de aço galvanizado (alto carbono) e aço recozido (baixo carbono). As resistências obtidas podem ser analisadas com base no gráfico a seguir:

Gráfico 1 - Relação entre a taxa de consumo e a resistência à compressão



Fonte: O próprio autor

Nota-se que, em ambos os tipos de fibras, as resistências diminuíram com a maior taxa de consumo de fibras, sendo que, no caso do aço galvanizado, a resistência diminuiu em maior proporção. Apesar das insignificantes variações, o decréscimo da

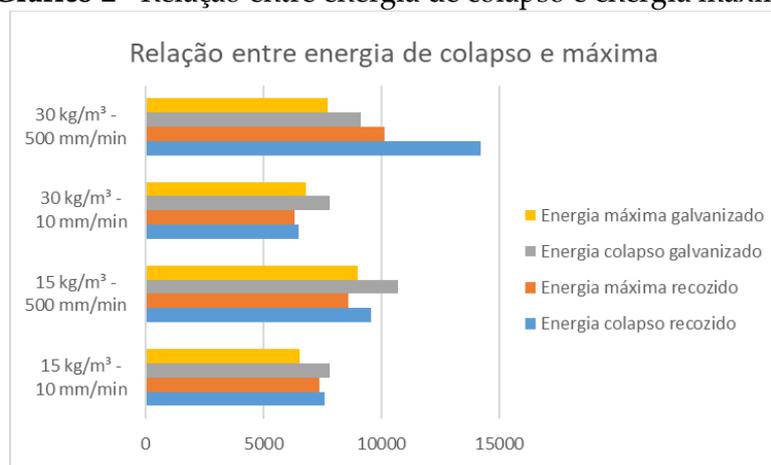
resistência pode ser observado como o aumento do teor de ar provocado pela adição das fibras (MEDEIROS, 2012).

4.5.2 Flexão

O ensaio de flexão das vigas foi realizado conforme a ASTM C1609/C1609M-12, com adaptação no método de rompimento para três pontos devido às pequenas dimensões da viga, sendo dois apoios e um cutelo de carregamento, o que implica um momento máximo no centro das vigas, correspondente a $PL/4$ (carga x vão / 4)

Foram empregadas duas velocidades de carregamento para cada taxa de consumo, sendo uma velocidade lenta de 10 mm/min, para que todas as taxas se mantivessem entre 15 MPa/min e 25 MPa/min e, por fim, uma velocidade máxima permitida pela prensa utilizada, de 500 mm/min, com o intuito de se obter energia próxima de cargas dinâmicas. Para cada taxa de consumo, foram ensaiadas três vigas com dimensões 10cm x 10 cm x 40cm.

Gráfico 2 - Relação entre energia de colapso e energia máxima



Fonte: O próprio autor

Nota-se que, em todos os casos, as velocidades de carregamento de 500 mm/min apresentaram valores de energia maiores que as de 10 mm/min tanto a de colapso, quanto a máxima. Whatch (2001) menciona que a velocidade de carregamento em ensaios de flexão de vigas influencia diretamente nas energias de recebidas pelas vigas.

Percebeu-se grande proximidade entre as energias máximas e de colapso para todas as amostras, com exceção das do concreto com 30 kg/m³ de arame recozido ensaiado a 500 mm/min, em que é possível verificar grande acréscimo de energia absorvida entre a ruptura e o colapso da carga, o que demonstra um ganho de tenacidade após ruptura.

Percebeu-se também que as resistências se mantiveram constantes entre todas as taxas de consumo, variando, dessa forma, as resistências entre as velocidades de carregamento. Nas maiores velocidades, as energias aumentaram proporcionalmente em todos os ensaios.

5 CONCLUSÕES

A metodologia de dosagem se mostrou adequada à obtenção de concreto de cimento Portland, com resistência adequada e consistência fluida.

A inserção das fibras metálicas reduziu sobremaneira a resistência à compressão, devido, possivelmente, ao aumento do teor de vazios na matriz do concreto. A redução de resistência à compressão foi mais acentuada para o concreto com fios de arame galvanizado, sendo da ordem de 12%.

Com a presença de fibras, obtiveram-se energias de colapso e força máxima da ordem de 6 a 10 kN.mm, sendo mais pronunciada a energia de colapso obtida pelas vigas com arame recozido quando ensaiadas a taxa de 500 mm/min, o que demonstra sua boa aplicação para reforço de concretos que serão submetidos a solicitações de impacto ou vibrações acentuadas.

Mais estudos são necessários para determinação do comportamento estrutural desses concretos na construção civil, de modo a avaliar a propagação de fissuras, a durabilidade frente a diferentes ambientes e a resistência de elementos de concreto armado com reforço de fibras na matriz de concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: cimento Portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15530**. Fibras de aço para concreto: especificações. Rio de Janeiro, 2007a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo: determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**. Concreto: determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12665**. Concreto de Cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127**. Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEMPENHO. **Fibras de Aço para Concreto em Pisos Industriais**: especificações. São Paulo, 2012. 4 p.

BATTAGIN, Arnaldo Forti *et al.* Influência das condições de Cura em algumas propriedades dos concretos convencionais e de alto desempenho. **Instituto Brasileiro do Concreto**: 44^º Congresso Brasileiro, Belo Horizonte, v. 1, p.5-5, 17 ago. 2002.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 7 ed. São Paulo: Blucher, 2013. v. 1.

CARASEK, Helena *et al.* Parâmetros da areia que influenciam a consistência e a densidade de massa das argamassas de revestimento. **Revista Matéria**, Goiânia, p.719-719, 18 fev. 2016.

CARRIJO, Priscila Meireles. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduo de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CARVALHO, J. D. N. Sobre as origens e desenvolvimento do concreto. **Revista Tecnológica**, v.17, n.1, p19-28. 2008.

CERVO, Tatiana Cureau; CERVO, Tatiana Cureau. **Estudo da resistência à fadiga de concretos de cimento Portland para pavimentação**. 2004. 242 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, São Paulo, 2004.

FABRO, Fabiana *et al.* Influência da forma dos agregados miúdos nas propriedades do concreto. **Instituto Brasileiro do Concreto**: Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 4, n. 2, p.211-211, nov. 2011. Bimestral.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. **Concreto com fibras de aço**. São Paulo: Epusp, 2000. 71 p.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. **Concreto reforçado com fibras**. Tese (Livre docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Universidade de São Paulo. São Paulo - SP. 2011.

FORTES, Adriano Silva. **Vigas de concreto armado reforçadas com fibras de carbono**. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GÓIS, Fernanda Alves Pinto. **Avaliação experimental do comportamento do concreto fluido reforçado com fibras de aço**: influência do fator de forma e da fração volumétrica das fibras nas propriedades mecânicas do concreto. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

GUIMARÃES, Ana Elisabete Paganelli. **Análise de pilares de concreto de alta resistência com adição de fibras metálicas submetidos à compressão centrada**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo - SP. 1999.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. 1992. **Manual de dosagem e controle do concreto**, São Paulo, SP, Ed. Pini

ISAIA, C, G. **Concreto: ciência e tecnologia: a evolução do concreto estrutural**. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 1.

ISAIA, C, G. **Concreto: ciência e tecnologia: a evolução do concreto estrutural**. São Paulo: IBRACON, 2011. v. II.

MEDEIROS, Artur. **Estudo do comportamento à fadiga em compressão do concreto com fibras**. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC, Rio de Janeiro, 2012.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2014. 751 p.

NASCIMENTO, T. G. *et al.* **Modelagem de misturas em uma argamassa mista de cimento, cal e areia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2012.

PETRUCCI, Eladio G. R.. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: Globo, 1973.

PILOTTO NETO, Egydio. **Caderno de receitas de concreto armado**. São José dos Campos: Gen, 2017. 202 p.

SILVA, Narciso G.; BUEST, Guilherme; CAMPITELI, Vicente C. **Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis, 2005.

TERZIAN, P.; HELENE, P. **Manual da dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C.; LIMA, F. B. Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. **Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho**, v. 19, p. 5-18, 2004.

VILLARES, Ana Maria Oliveira. **Influência da largura do corpo-de-prova na medida da tenacidade do concreto reforçado com fibras de aço**. Dissertação (Mestrado) - Unicamp. Campinas, 2001.

Desenvolvimento de plantas de soja (*Glycine max*) em função do uso de bioestimulante, biorregulador e hormônio vegetal

Development of soybean plants (Glycine max) due to the use of bio-stimulant, bioregulator and vegetable hormone

Kalliton Landim da Silva

Graduando do curso de Agronomia (UNIPAM).

E-mail: kallitontecnico@hotmail.com

Rodrigo Mendes de Oliveira

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: rodrigomo@unipam.edu.br

Resumo: Novas descobertas têm estimulado a utilização de reguladores hormonais com efeitos fisiológicos na cultura da soja, com vistas à redução de estresse vegetal e à maior expressão do desenvolvimento da cultura. Entretanto, pouco se sabe sob esses compostos hormonais, o que torna de grande importância o estudo destes para sua melhor utilização. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do uso de tratamento de sementes com bioestimulante, biorregulador e hormônio vegetal, no desenvolvimento inicial de sementes de soja (*Glycine max*). O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação, localizada no Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. As sementes da cultivar de soja NS 6906 IPRO foram tratadas com doses de bioestimulante, biorregulador e hormônio vegetal, sendo T₁-Bioestimulante e T₂-Biorregulador, nas doses de 750 ml.100 Kg semente, T₃-Hormônio Vegetal, na dose de 250 ml.100 Kg e T₄-Testemunha, cultivadas em vasos de 5 litros, totalizando 4 tratamentos. Avaliou-se massa seca de raiz, caule e parte aérea. Os parâmetros avaliados foram submetidos a testes estatísticos. Observou-se que todos os tratamentos tiveram médias melhores do que a testemunha, porém, quando comparados estatisticamente, nenhum tratamento teve diferença significativa. Portanto, a aplicação desses reguladores hormonais no tratamento de sementes não se mostrou eficiente.

Palavras-chave: Cultura da soja. Reguladores vegetais. Aplicação hormonal em plantas.

Abstract: New findings have stimulated the use of hormonal regulators with physiological effects on soybean crops, so as to reduce plant stress and provide greater crop development. However, little is known about these hormonal compounds, which makes it necessary to study them in order to have a better performance. The objective of this study was to evaluate the effect of the use of seed treatment with biostimulant, bioregulator and plant hormone on the initial development of soybean (*Glycine max*) seeds. The present experiment was carried out in a greenhouse located at the University Center of Patos de Minas – UNIPAM. The soybean seeds of NS 6906 IPRO cultivar were treated with doses of biostimulant, bioregulator and vegetal hormone, being T₁-Biostimulant and T₂-Biorregulator in 750 ml. 100 kg seed dose, T₃-Hormone in the dose of 250 ml. 100 kg and T₄- Control, respectively grown in 5-liter pots, totalizing 4 treatments. The dry mass of root, stem and aerial part was evaluated. The parameters evaluated were submitted to statistical tests. It was observed that all treatments had better averages than

the control, but when compared statistically no treatment had significant difference. Therefore, the application of these hormonal regulators in seed treatment was not efficient.

Keywords: Soy crop. Vegetable regulators. Hormonal application in plants.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) possui posição de grande relevância no agronegócio brasileiro, com um sistema de produção de elevado nível tecnológico. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos da América (CESB, 2018).

De acordo com a Conab, na safra 17/18, a cultura ocupou uma área de 35,1 milhões de hectares, totalizando uma produção de 118 milhões de toneladas, e a produtividade média foi de 3.362 kg por hectare, correspondente a 56 sacos. Porém, essas produtividades já começam a ser consideradas pequenas perto das produtividades colhidas em áreas de manejo com alta tecnologia e do potencial biológico da cultura. Segundo o Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB, 2018), essa resposta tradicional de três mil quilos por hectare, ou 50 sacos como média do País, nos últimos anos, pode estar com os dias contados. Sendo assim, o produtor busca novos meios para suprir a exigência nutricional das cultivares modernas, a fim de obter incrementos em produtividade e maior retorno econômico.

O aumento da eficiência produtiva e na utilização dos insumos agrícolas vem adquirindo importância crescente nas lavouras brasileiras, devido aos altos custos de condução dos cultivos e aos elevados patamares produtivos, sendo necessárias novas técnicas de manejo, que visem realizar os “ajustes finos” para obtenção de incrementos adicionais de produtividade (EMBRAPA, 2013).

Nesse contexto, algumas tecnologias vêm sendo empregadas na agricultura para melhor aproveitar o que as cultivares atuais tem a oferecer. Os reguladores vegetais tem a capacidade de favorecer o desenvolvimento da produção ou evitar suas limitações. Alguns autores já elucidaram resultados com esses compostos e garantiram a eficácia de biorreguladores em culturas como o milho (FERREIRA *et al.*, 2007), feijão (ALLEONI; BOSQUEIRO; ROSSI, 2000), algodão (ALBRECHT *et al.*, 2009) e a própria soja (ÁVILA *et al.*, 2008).

Entretanto, segundo Albrecht *et al.* (2012), ainda são necessários novos estudos acerca da aplicação de reguladores vegetais, no intuito de verificar sua influência no desenvolvimento e na produtividade da cultura de soja. Essas informações podem auxiliar o produtor a definir o melhor momento de aplicação do produto para que se obtenham rendimentos superiores e grãos com teores desejáveis de proteínas.

O presente trabalho objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de soja submetidas ao uso de diferentes fontes de hormônio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, em Patos de Minas, MG (-18° 36' 38,2"

latitude Sul, -46° 29' 12,3" longitude Oeste, em uma altitude média de 832 metros), de setembro a outubro de 2018.

Foi utilizada a cultivar de soja NS 6906 IPRO, pertencente ao grupo de maturação médio, com ciclo de aproximadamente 110 dias. A descrição de cada tratamento está apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Dosagens utilizadas no tratamento de sementes. UNIPAM, Patos de Minas – MG, 2019

Tratamentos	Tratamento de sementes (ml. 100 Kg sementes)
T ₁ -Bioestimulante	750
T ₂ -Biorregulador	750
T ₃ -Hormônio Vegetal	250
T ₄ - Testemunha	0

Fonte: Autoria própria, 2019.

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Houve, para cada tratamento, cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Foram semeadas sete sementes em cada vaso. A irrigação foi realizada diariamente por meio de regadores, sendo 250 ml diários em cada vaso.

A nutrição das plantas foi feita de acordo com a solução nutritiva de Johnson *et al.* (1957), sendo aplicados 250 ml por vaso, de 15 em 15 dias, nos estádios iniciais da cultura, e 250 ml por vaso, de 5 em 5 dias, no fim do ciclo da cultura.

Durante as fases iniciais, as plantas foram avaliadas em porcentagem de emergência. Aos 15 dias após a germinação, foi realizado o desbaste, deixando apenas duas plantas por vaso, considerando as mais saudáveis, sendo elas nutridas com solução nutritiva de Johnson, em intervalos de 15 em 15 dias, no início do desenvolvimento da cultura e de quatro em quatro dias, no fim do desenvolvimento da cultura.

Aos 50 dias após a semeadura, as plantas de cada vaso foram retiradas para serem submetidas às seguintes avaliações: massa seca de raiz, caule e folhas (as plantas foram levadas à estufa de circulação fechada, com 65°C durante 48 horas; posteriormente foram pesadas em balança de precisão).

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o processamento dos dados, utilizou-se o software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da ANOVA, verificou-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos nos parâmetros avaliados. Pode-se observar, na tabela 2, que o tratamento com maior média foi o tratamento em que se utilizou o Bioestimulante. Por se tratar de um produto de origem vegetal, fornecendo à planta hormônios, aminoácidos e nutrientes, gerando um balanço nutricional e hormonal nela, a planta

conseguiu desenvolver maior parte foliar; porém, quando comparado, na análise estatística, aos demais tratamentos, não apresentou diferença mínima significativa. Todos os tratamentos tiveram resultados similares. Para resultado de massa seca de folhas, nenhum dos tratamentos diferenciou-se entre si.

Tabela 2: Resumo da ANOVA para MS de folhas em relação à aplicação de diferentes fontes de hormônios vegetais. UNIPAM, Patos de Minas – MG, 2019

Tratamentos	Médias (g)
T ₁ -Bioestimulante	0,76 a
T ₂ -Biorregulador	0,68 a
T ₃ -Hormônio Vegetal	0,68 a
T ₄ -Testemunha	0,65 a
Dms	0,27
CV (%)	21,63

* Médias seguidas da mesma letra não diferenciam entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Dms: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de Variação. MS: Matéria Seca

Na tabela 3, têm-se os resultados para massa seca de caule; observa-se que a testemunha sobressaiu-se aos tratamentos T₂- Biorregulador e T₃- Hormônio Vegetal devido a estes tratamentos serem concentrados em hormônios que induzem o desenvolvimento inicial de raízes (Auxina), assim não priorizando inicialmente o desenvolvimento de caule; já a testemunha, por não conter o balanço hormonal, tende a um maior estiolamento, desenvolvendo maior caule; quando comparados ao teste (ANOVA), nenhuma das médias teve diferença mínima significativa.

Tabela 3: Resumo da ANOVA para MS de caule em relação à aplicação de diferentes fontes de hormônios vegetais. UNIPAM, Patos de Minas – MG, 2019

Tratamentos	Médias (g)
T ₁ -Bioestimulante	0,58 a
T ₂ -Biorregulador	0,49 a
T ₃ -Hormônio Vegetal	0,45 a
T ₄ -Testemunha	0,50 a
Dms	0,17
CV (%)	19,04

* Médias seguidas da mesma letra não diferenciam entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Dms: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de Variação. MS: Matéria Seca

Os resultados para matéria seca de raiz estão apresentados na tabela 4. Nota-se que a média com menor valor é a da testemunha. Os tratamentos tiveram um resultado crescente, porém resultados similares. Os tratamentos T₁- Bioestimulante, T₂- Biorregulador e T₃- Hormônio Vegetal contêm, em suas composições, o hormônio Auxina, que é responsável pelo desenvolvimento radicular; no entanto, verifica-se que

esses tratamentos apresentaram maior peso de massa seca em relação à testemunha, porém quando comparados estatisticamente nenhum dos tratamentos teve diferença mínima significativa.

Tabela 4: Resumo da ANOVA para MS de raiz em relação à aplicação de diferentes fontes de hormônios vegetais. UNIPAM, Patos de Minas – MG, 2019

Tratamentos	Médias (g)
T ₁ -Bioestimulante	0,85 a
T ₂ -Biorregulador	0,82 a
T ₃ -Hormônio Vegetal	0,75 a
T ₄ -Testemunha	0,72 a
Dms	0,27
CV (%)	19,42

* Médias seguidas da mesma letra não diferenciam entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Dms: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de Variação. MS: Matéria Seca

É importante elucidar que alguns autores como Vieira *et al.* (2001) também verificaram baixo desempenho na aplicação de compostos hormonais no tratamento de sementes. Segundo Bertolin *et al.* (2010), a aplicação desses compostos é mais eficaz quando aplicados via foliar nos períodos vegetativos e reprodutivos, não interferindo no tratamento de semente.

Esses resultados corroboram os de Vieira *et al.* (2005), que consideraram que o bioestimulante na concentração de 10 mL kg⁻¹ de sementes incrementa em 24,3% a produtividade de grãos de soja. Também Milléo (2000) obteve maiores produções de vagens e de grãos por planta de soja em aplicação via sementes e foliar no estágio V5, e essa última aplicação proporcionou incremento de 65% em relação à testemunha.

4 CONCLUSÃO

A cultivar de soja NS 6906 IPRO não apresentou respostas significativas no emprego dos produtos avaliados nas dosagens de 750 ml.100 Kg semente para Bioestimulante e Biorregulador, e na dose de 250 ml.100 Kg para Hormônio Vegetal. É necessária a avaliação destes produtos em doses diferentes ou aplicações em outros estádios de desenvolvimento da cultura.

O desenvolvimento inicial das plantas de soja não foi influenciado pela aplicação dos diferentes produtos à base de hormônios.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, Leandro Paiola ; BRACCINI, Alessandro de Lucca; ÁVILA, Marizangela Rizzatti; BARBOSA, Mauro Cezar; RICCI, Thiago Toshio; ALBRECHT, Alfredo Jr. Paiola. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.3, p.191-198, May/June, 2009.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG**, v. 06, n. 01, p. 23-35, 2000.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 06, p. 567-691, 2008.

BERTOLIN, D.C.; SÁ, M. E. de; ARF, O.; FURLANI JÚNIOR, E.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. de. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.339-347, 2010.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; LIMA, G. P. P.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento de plantas de soja em resposta aos reguladores vegetais. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.9-11, 2007.

CAMPOS, M. F. *et al.* Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, v. 21, n. 03, p. 53-63, 2008.

CESB 2018. Disponível em: <http://www.cesbrasil.org.br/na-safra-201617-cesb-busca-produtividade-de-143-sacas-de-soja/>. Acesso: 01 mar. 2019.

CONAB 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso: 05 mar. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

FERREIRA, Leidiane Aparecida; OLIVEIRA, João Almir; VON PINHO, Édila Vilela de Resende; QUEIROZ, Danilo Luiz de. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 02, p. 80-89, 2007.

JOHNSON, C. M.; STOUT, P. R.; BROYER, T. C.; CARLTON, A. B. Comparative chlorine requirement of different plant species. **Plant and Soil**, v.8, n.3, p.337-353, 1957.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

MILLÉO, M. V. R. **Avaliação da eficiência agrônômica do produto Stimulate aplicado no tratamento e em pulverização foliar sobre a cultura da soja (*Glycine Max* L.)**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2000. 18p. (Relatório técnico)

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônômico e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, supl., p.701-709, 2008.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine Max. (L) Merrill*), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) e arroz (*Oryza sativa L.*)**. 2001. 122p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2001.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C.; CATO, S. C.; SILVA, G. P. Stimulate no sistema de produção da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos[...]** Cornélio Procópio, 2005. p.82-83.

Simulações numéricas em um hidrociclone, avaliando a eficiência da coleta de partículas

Numerical simulations in a hydrocyclone, analyzing particle collection efficiency

Bernardo Abdão Pinto

Graduando do curso de Engenharia Mecânica (UNIPAM).

E-mail: bernardoap@unipam.edu.br

Samuel Correa

Graduando do curso de Engenharia Mecânica (UNIPAM).

E-mail: samuelsc@unipam.edu.br

João Rodrigo Andrade

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: joaorandrade@unipam.edu.br

Resumo: Neste presente trabalho, avalia-se a eficiência de coleta de partículas por um hidrociclone a partir de simulações computacionais. Fundamenta-se em artigos, livros didáticos, dissertações, teses, projetos. Pelo suporte da fluidodinâmica computacional, utilizando-se o software ANSYS, é possível analisar diferentes geometrias e observar quais seriam as alterações de eficiência de coleta a partir dessa mudança. Posteriormente à simulação, é feita a comparação entre o resultado com os resultados experimentais da literatura, concluindo, assim, o objetivo final do estudo.

Palavras-chave: Hidrociclone. Fluidodinâmica Computacional. Eficiência.

Abstract: The present work evaluates the efficiency of particle collection by a hydrocyclone from computer simulations. It is based on articles, textbooks, essays, theses and projects. Considering the support of the computational fluid dynamics, using ANSYS software, it is possible to analyze different geometries and observe the changes in collection efficiency from this change. Subsequently to the simulation, a comparison between the result and the experimental results of the literature is made, thus confirming the final objective of this study.

Keywords: Hydrocyclone. Computational Fluid Dynamics. Efficiency.

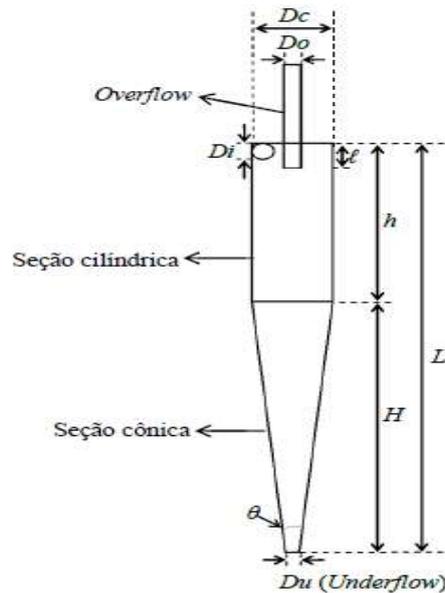
1 INTRODUÇÃO

Equipamentos como centrífugas e filtros têm utilidade similar ao hidrociclone, entretanto não operam de forma econômica em altas velocidades de rotação. Além disso, o objeto de estudo dispõe de alta credibilidade em seu funcionamento, uma vez que desfruta de arquitetura simples, sem componentes móveis. Além do mais, em situações em que ocorram mudanças no funcionamento, tal como instabilidade no

fluxo, bons resultados de separação ainda podem ser obtidos (SILVA, 2012). Desta forma, o instrumento de aprendizagem é largamente usado para separação de partículas em altos teores de transferência devido a seu gasto inferior, arquitetura sucinta, elevada eficácia e baixa corpulência. De acordo com Spipriya *et al* (2007 *apud* SILVA, 2012) “hidrociclones pertencem a uma classe de dispositivos de classificação fluido-sólido que separam material disperso de uma corrente de fluido”.

O modelo de hidrociclone habitual com proporções características é ilustrado na Figura 1:

Figura 1 - Representação esquemática de um hidrociclone com proporções características



Fonte: SILVA, 2012.

Referente a um significativo conjunto de dispositivos designados a disjunção de sólido-líquido ou de líquido-líquido em campo centrífugo, os hidrociclones foram patenteados primitivamente, em 1981, por Bretney com intuito de separação sólido/líquido na indústria mineradora e, a partir disso, tornaram-se um processo unitário. (CHINÉ; CONCHA, 2000 *apud* SILVA, 2012). Inicialmente eram pouco vulgarizados e limitados a apenas algumas funções. Contudo, em meados de 1940, esse cenário transformou-se com sua aplicação direta à indústria de extração e processamento mineral (SVAROVSKY, 1984 *apud* SILVA, 2012). A partir disso, numerosas pesquisas tratando de hidrociclones surgiram, contribuindo diretamente para o aperfeiçoamento do equipamento. Preliminarmente, devido à sua prevalência de aplicações em meio aquoso, ele ficou conhecido como ciclone hidráulico (*hydraulic cyclone*); posteriormente foi denominado hidrociclone (SILVA, 2012). Faz-se necessário enunciar que o comprimento total é conhecido pela adição dos segmentos cilíndrico e cônico ($L = h + H$).

O critério de separação adotado em hidrociclones é a sedimentação por intermédio da força centrífuga, assim produzindo uma aceleração centrífuga que desprende as partículas do fluido. Para instigar o movimento circular, é necessário

inserir tangencialmente, na parte superior do cilindro, energia em forma de pressão. O movimento rotacional, no decorrer do trajeto, produz uma aceleração centrífuga que projeta as partículas na parede do instrumento (SILVA, 2012). Assim sendo, com a abertura *underflow* possuindo um pequeno diâmetro, é permitido que apenas uma pequena parcela da alimentação fornecida inicialmente seja descarregada. À vista disso, a fração que não é recolhida pelo *underflow* produz um vórtice intrínseco, contrário ao primeiro vórtice e orientado para o topo deslocando ao canal *overflow* (SVAROVSKY, 1984 *apud* SILVA, 2012).

Dissecar, de forma particular, todos os fenômenos apresentados acima têm grande relevância nos campos acadêmico, industrial e econômico. Neste contexto, o presente estudo tem o propósito de investigar, por meio de análises numéricas, a eficiência do colhimento de partículas e, posteriormente, relacionar com modelos já obtidos por meio de algoritmos computacionais e resultados empíricos.

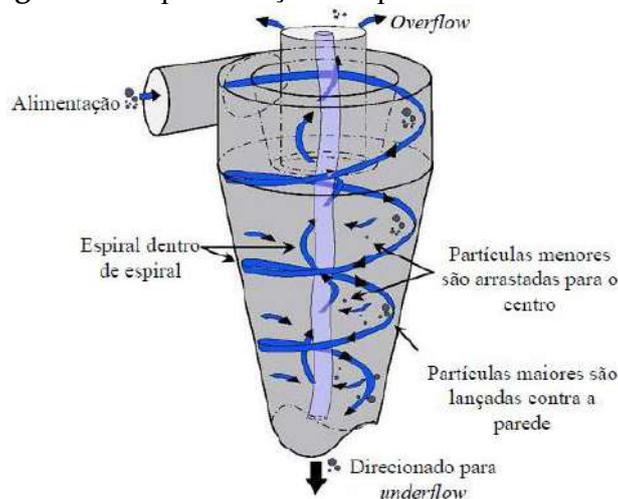
2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 FUNCIONAMENTO DOS HIDROCICLONES

Segundo Spipriya *et al* (2007 *apud* SILVA, 2012), com fundamento no fluxo rotacional, torna-se possível a separação das partículas, originando uma força centrífuga que agirá sobre as partículas suspensas. O abastecimento é feito tangencialmente, juntamente com pressão e alta velocidade, para produzir uma grande força centrífuga. O fluido injetado na parte superior efetua uma trajetória helicoidal com elevada velocidade, indo do pico até o limite inferior, como mostrado na Figura 2.

Compreendido por Almeida (2008 *apud* SILVA, 2012), as partículas têm tendência de deslocar-se para baixo, influenciadas pela parede lateral e pelo comprimento do vortex finder (tubo colocado na extremidade superior do hidrociclone), que possui uma ação direta com a eficiência de separação e uso da energia no sistema. O tamanho ideal deste depende da quantidade de partículas, e deve ser obtido de preferência por experimentação (MARTÍNEZ, 2008).

Figura 2 – Representações do pico e limite inferior



Fonte: Danylo de Oliveira Silva, 2012.

As forças ocasionadas pelo movimento rotacional do fluido — empuxo (diferenças de densidade entre fluido e partícula) e arraste (intrínseco ao escoamento do fluido) — estão diretamente relacionadas ao colhimento das partículas (SILVA, 2012).

2.2 FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD)

Com o advento da informática na contemporaneidade, é possível usufruir de processamento e armazenamento computacional de maneira usual. Nessa situação, é legítimo citar a fluidodinâmica computacional, que, se utilizada corretamente, auxilia e executa simulações com baixas margens de erro, além de possibilitar resultados com maior precisão em situações complexas e de relevância industrial.

O rápido desenvolvimento de recursos capazes de processar e melhorar pacotes de software CFD permitiu o estudo aprofundado sobre a dinâmica dos fluidos. Destarte, é possível observar um grande crescimento da aplicação do CFD em análises e pesquisas acadêmicas sobre o escoamento de fluidos (DOMINGOS, 2017).

Análises experimentais em laboratório são imprescindíveis para validação de modelos matemáticos e físicos. No entanto, são limitadas a um entendimento raso do fenômeno, além de apresentar grande demanda de tempo, mão de obra, matéria prima, e recursos financeiros (SILVA, 2012). Por conseguinte, simulações computacionais comprovam-se mecanismos que colaboram diretamente com a técnica experimental permitindo um melhor entendimento dos fenômenos presentes no problema, além de possibilitar a idealização de novos processos e dispositivos (MURPHY *et al.*, 2007 *apud* SILVA, 2012).

Muzamber (2012) afirma que, junto a uma análise de CFD realizada em cotovelos 90° com alteração de diâmetro e velocidade como variável de entrada, a comprovação da simulação e os desfechos se mostraram eficientes e anexos à realidade. Isso mostra a facilidade que o instrumento CFD pode gerar para a comunidade científica.

2.3 EFICIÊNCIA TOTAL DE SEPARAÇÃO (η)

A eficiência total de separação (η) corresponde a todos os sólidos recolhidos pelo *underflow*, independentemente de como o hidrociclone executa a disjunção de partículas, seja pelo arraste fornecido pelo fluido, seja pela atuação efetiva do campo centrífugo (SILVA, 2012). Assim sendo, a equação para cálculo de eficiência total de separação é obtida por intermédio do produto da concentração mássica ($C\omega_u$) pela vazão mássica (W_u) na corrente do *underflow*, dividido pelo produto similar na corrente de alimentação (VIEIRA, 2006 *apud* SILVA, 2012), conforme apresentado na Equação 1:

$$\eta = \frac{C\omega_u \cdot W_u}{C\omega_a \cdot W_a} \quad (1)$$

3 METODOLOGIA

3.1 SIMULAÇÕES INICIAIS

Inicialmente, para facilitar o aprendizado, foram realizadas simulações solucionando problemas axissimétricos de escoamento, ou seja, somente em duas dimensões. O software de utilizado foi o ANSYS Workbench.

3.1.1 Suposição axissimétrica

Preliminarmente, foi preciso entender como é a hipótese de um escoamento bidimensional, assim são necessárias algumas suposições.

Ilustrado na figura 3, este é caracterizado por dois tipos de direções a serem analisadas, radial e axial. Assim sendo, $p = (r, z)$, em que a pressão está em função do raio "r" e do eixo "z".

Figura 3 - Direções radial e axial



Fonte: Os autores, 2019.

A velocidade, ao contrário, é entendida de outro modo. Observa-se que, de uma vista frontal, seria possível obter-se mais um tipo de velocidade, a radial, em que o ângulo θ varia conforme o raio r . A equação então seria dada pela fórmula 2

$$\vec{V} = V_r \hat{e}_r + V_z \hat{e}_z + V_\theta \hat{e}_\theta \quad (2)$$

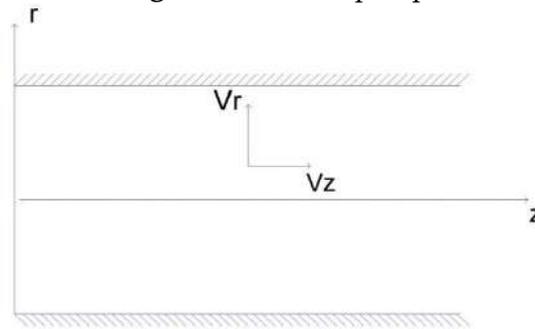
em que (r, θ, z) são, respectivamente, velocidade radial, axial e circunferencial

Contudo, tratando-se de um problema em duas dimensões, utiliza-se equação 3

$$\vec{V} = V_r \hat{e}_r + V_z \hat{e}_z \quad (3)$$

em que a velocidade circunferencial é suprimida.

Posteriormente, escolhendo um ponto qualquer, obtém-se a figura 4:

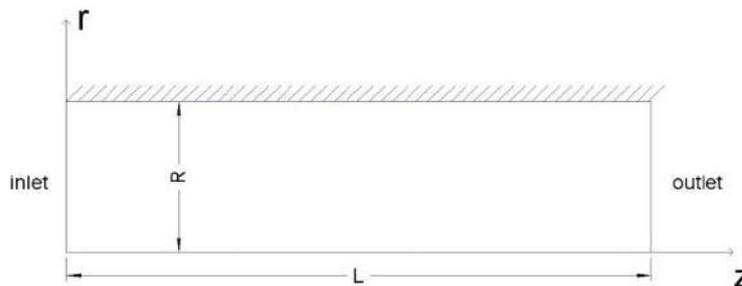
Figura 4 – Ponto qualquer

Fonte: Os autores, 2019.

Assim sendo, $V_r = (r, z)$ e $V_z = (r, z)$.

3.1.2 Domínio

O domínio de estudo se dá pelo campo de escoamento até o eixo central, chamado aqui de eixo de simetria, ilustrado na figura 5.

Figura 5 - Domínio

Fonte: Os autores, 2019.

Observa-se que os eixos x e y são substituídos, respectivamente, pelo eixo de simetria (z) e a coordenada radial (r). As equações 4 e 5 mostram qual a variação dos eixos z e r, na devida ordem.

$$0 \leq z \leq L \quad (4)$$

$$0 \leq r \leq R \quad (5)$$

L é o comprimento do escoamento e R é o raio.

3.1.3 Equação governante

Consideraremos o escoamento laminar, estável, bidimensional e incompressível, posteriormente a equação 6, que governa a simulação e é aplicada ao eixo radial, é dada por:

$$\rho \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial r} + \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) - \frac{v_r}{r^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right) \quad (6)$$

em que $\rho \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right)$ é a aceleração na direção r , $-\frac{\partial P}{\partial r}$ é pressão e $\mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) - \frac{v_r}{r^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right)$ é considerado o atrito viscoso.

Em seguida, usa-se o mesmo raciocínio para o eixo axial, alcançando a equação 7.

$$\rho \left(v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) - \frac{v_z}{r^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right) \quad (7)$$

3.1.4 Condições de contorno

Sendo o problema resolvido no escoamento ilustrado na figura 3, algumas definições necessitam ser enumeradas. Na entrada, (inlet) $v_z = 1 \text{ m/s}$ e $v_r = 0 \text{ m/s}$. Posteriormente, na saída (outlet), $P = 1 \text{ atm}$. Nas paredes (pipe_wall), $v_z = v_r = 0 \text{ m/s}$ devido ao atrito. No eixo de simetria, $z \frac{\partial v_r}{\partial r} = \frac{\partial v_z}{\partial r} = \frac{\partial P}{\partial r} = 0$, uma vez que não há variação de velocidade e pressão nesta direção.

3.2 CICLONE

A apuração da eficiência de coletas de partículas será efetuada por intermédio de testes numéricos providos do código computacional UNSCYFL3D (Unsteady Cyclone Flow 3D). Este é desenvolvido por um grupo de professores da Universidade Federal de Uberlândia. No algoritmo, serão utilizadas as equações filtradas ou médias de Navier Stokes para fluidos newtonianos em escoamentos não compressíveis. A solução numérica é obtida por meio do método dos volumes finitos em malhas não estruturadas; por intermédio deste, é possível resolver escoamentos em geometrias complexas.

Segundo Martins (2016, p. 49), são recomendados três tipos diferentes de modelagem matemática para a solução do escoamento em ciclones: simulação numérica direta (DNS – *Direct Numerical Simulation*), simulação das grandes escalas (LES – *Large Eddy Simulation*) ou modelo das tensões de Reynolds (RSM – *Reynolds Stress Model*), uma vez que o escoamento é anisotrópico (não possui homogeneidade e isotropia espacial e temporal), portanto a única maneira de resolver o problema são as modelagens citadas acima. Por ser custosa em processamento computacional, a simulação numérica direta será inutilizada neste estudo. Contudo, as modelagens RSM e LES serão aplicadas, pois avaliam a anisotropia sem precisar determinar todas as escalas de escoamento (MARTINS, 2016).

3.3 MODELAGEM NAS TENSÕES DE REYNOLDS (RSM)

O resultado no modelo das tensões de Reynolds parte do processo de média nas equações de Navier-Stokes. Neste caso, as incógnitas instantâneas são fragmentadas em médias e flutuações (MARTINS, 2016).

$$u_i = \bar{u}_i + u'_i \quad (8)$$

$$\phi_i = \bar{\phi}_i + \phi'_i \quad (9)$$

em que \bar{u}_i e u'_i são, na devida ordem, média e flutuação das componentes da velocidade, e ϕ_i simboliza a pressão ou algum outro escalar transportado.

Para obtenção das equações de Navier-Stokes com médias de Reynolds para regime transiente (URANS – *Unsteady Reynolds Navier-Stokes Equation*), no qual o escoamento é solucionado e as flutuações modeladas, sobrepõem-se os componentes de médias e flutuações nas variáveis instantâneas das equações de Navier-Stokes (MARTINS, 2016).

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = - \frac{\partial \bar{p}^*}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu) \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{u'_i u'_j} \right] + S_{\bar{u}_i p} \quad (11)$$

A sequência $S_{\bar{u}_i p}$ representa a fonte por consequência da interação com a fase dispersa e $\overline{u'_i u'_j}$ é o tensor de Reynolds.

$$\overline{u'_i u'_j} = \begin{bmatrix} \overline{u' u'} & \overline{u' v'} & \overline{u' w'} \\ \overline{v' u'} & \overline{v' v'} & \overline{v' w'} \\ \overline{w' u'} & \overline{w' v'} & \overline{w' w'} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Por motivo de sua simetria, o tensor de Reynolds dispõe de seis termos distintos. A solução de cada um é efetuada por intermédio de uma equação diferencial de transporte. O resultado é mostrado na Equação abaixo (LAUNDER *et al.*, 1975 *apud* MARTINS, 2016).

$$\begin{aligned} \frac{\partial (\rho \overline{u'_i u'_j})}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u'_k \overline{u'_i u'_j})}{\partial x_k} = & - \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\overline{\rho u'_i u'_j u'_k} + p (\delta_{kj} u'_i + \delta_{ik} u'_j) \right] \\ & + \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\mu \left(\frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial x_k} \right) \right] - \rho \left(\overline{u'_i u'_k} \frac{\partial u'_j}{\partial x_k} + \overline{u'_j u'_k} \frac{\partial u'_i}{\partial x_k} \right) + p \left(\frac{\partial u'_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u'_j}{\partial x_i} \right) - 2\mu \left(\frac{\partial u'_i}{\partial x_k} \frac{\partial u'_j}{\partial k} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

Segundo Martins (2016), “cada termo da equação acima representa um processo físico de transporte. Da esquerda para direita têm-se: o derivativo temporal, advecção, difusão turbulenta, difusão molecular, produção, tensãopressão e dissipação turbulenta”.

3.4 SIMULAÇÕES DAS GRANDES ESCALAS

Na simulação de grandes escalas (LES), as equações de Navie-Stokes são filtradas, e suas variáveis instantâneas são subdivididas em uma componente solucionada, $\bar{f}(\vec{x}, t)$, e uma componente no que concerne à parte filtrada (ou submalha), $f'(\vec{x}, t)$. As amplas estruturas tridimensionais transientes da turbulência são determinadas, ao passo que as interações das curtas escalas, chamadas de escalas submalha, são modeladas (MARTINS, 2016).

$$f(\vec{x}, t) = \bar{f}(\vec{x}, t) + f'(\vec{x}, t) \quad (14)$$

Empregando a fórmula acima nas equações de Navier-Stokes, obtêm-se equações filtradas de Navier-Stokes para escoamento incompressível em fluidos newtonianos:

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (15)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\overline{u'_i u'_j}) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\nu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] + S_{\bar{u}_i, p} \quad (16)$$

As equações filtradas desfrutam do tensor residual, $\overline{u'_i u'_j}$, que tem seu início nos movimentos submalha. O fechamento é obtido por meio da modelagem do tensor submalha com um modelo de viscosidade turbulenta ou com modelos algébricos. Como no presente estudo será utilizado o modelo de Smagorisky, o fechamento da Equação 17 será usado, considerando-se a hipótese de Boussinesq, surgindo, assim, a viscosidade turbulenta. (MARTINS, 2016).

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{u}_i \bar{u}_j) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\nu + \nu_t) \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] + S_{\bar{u}_i, p} \quad (17)$$

O modelo interpretado por Martins (2016) faz uso da teoria do equilíbrio local, isto é, é assumido que a produção das tensões turbulentas submalha seja igual à dissipação (GERMANO *et al.*, 1991 *apud* MARTINS, 2016).

$$\wp = 2\nu_t S_{ij} S_{ij} \quad (18)$$

$$\varepsilon = -c_1 \frac{\overline{u_i' u_j'}}{l} \quad (19)$$

O coeficiente de proporcionalidade ν_t (viscosidade turbulenta), por afinidade à teoria do comprimento de mistura, é modelado como

$$\nu_t = (Cs\Delta)^2 \bar{S} \quad (20)$$

em que

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad \bar{S} = \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}, \quad (21)$$

em que Δ e Cs são, respectivamente, o comprimento característico do filtro e um parâmetro a ser determinado ou ajustado. Este parâmetro foi interpretado analiticamente, para turbulência homogênea e isotrópica, por Lilly (1992, *apud* MARTINS, 2016), como sendo

$$Cs = 0,18. \quad (22)$$

Apesar de determinada analiticamente, é comprovado que a constante pode transformar-se em outros valores ajustados com o número de Reynolds, com a resolução da malha entre outros parâmetros adimensionais (GERMANO *el*, 1990, FERIZER; PERIC, 2002 *apud* MARTINS, 2016). Porém, no caso do presente estudo, será utilizada $Cs = 0,1$.

Segundo Martins (2016), devido à viscosidade turbulenta próxima às paredes não diminuir conforme observado fisicamente, é usual utilizar-se a função de Van Driest (Equação 17) para redução da viscosidade nessas regiões (FERZIGER; PERIC, 2002).

$$Cs = Cs_0 \left(1 - e^{-n^+/A^+} \right)^2 \quad (23)$$

$$n^+ = \frac{\rho u_\tau y_p}{\nu} \quad (24)$$

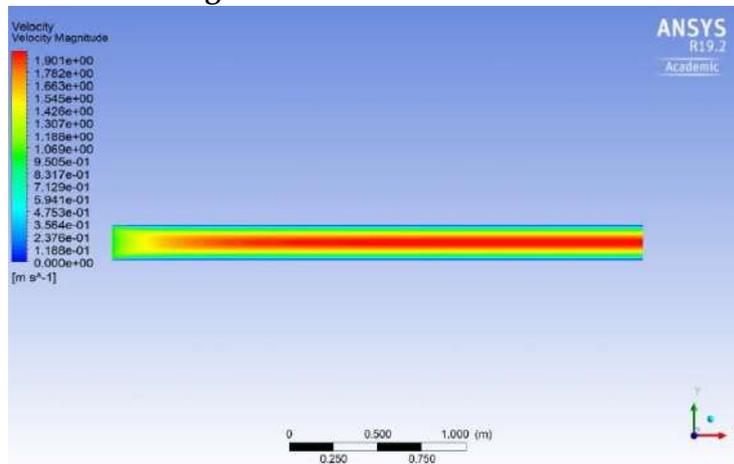
$$A^+ = 25 \quad (25)$$

u_τ e y_p são, respectivamente, velocidade de cisalhamento e distância do centroide do volume de controle, que faz parte da malha, até a parede mais próxima.

4 RESULTADOS

4.1 SIMULAÇÕES INICIAIS

Figura 6 – Perfil de velocidade

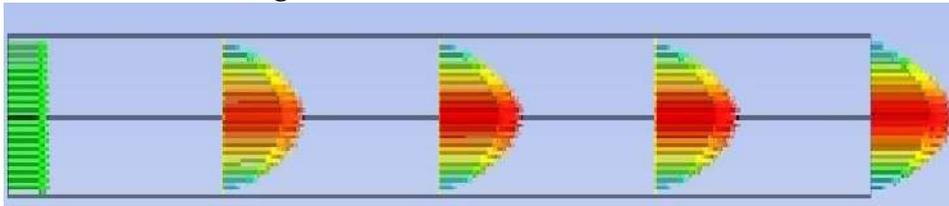


Fonte: Os autores, 2018.

A figura 6 ilustra o gradiente de velocidade ao longo do escoamento. Densidade e viscosidade são, respectivamente, 1 kg/m^3 e 1×10^{-3} e, conseqüentemente, o número Reynolds encontrado foi 100.

Na entrada do escoamento, a velocidade não está totalmente desenvolvida ainda. A figura 7 mostra os gradientes.

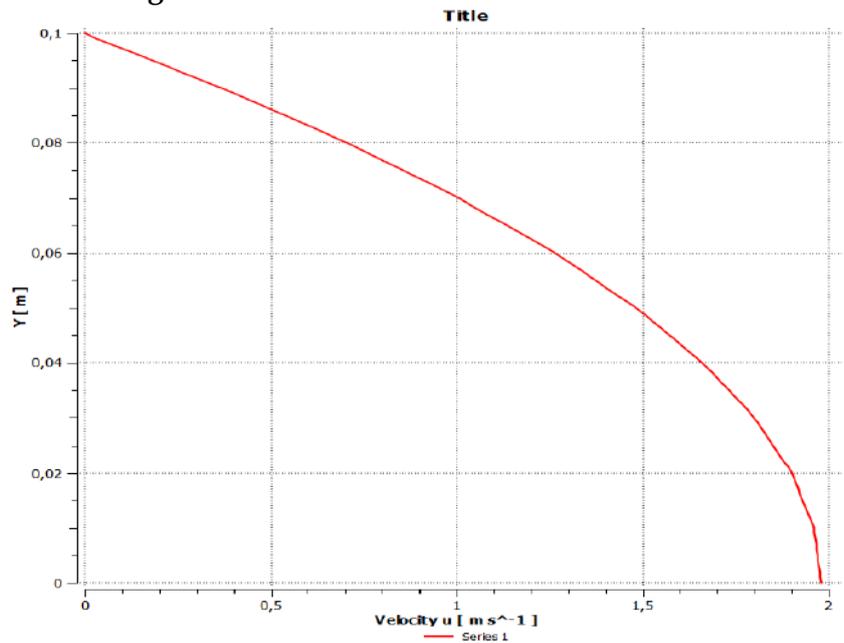
Figura 7 – Gradientes de velocidade



Fonte: Os autores, 2018.

Observa-se que, na entrada do escoamento, a velocidade é uniforme e constante, contudo, ao longo do percurso, o perfil assume uma forma parabólica. Ainda assim, nas paredes, devido ao atrito viscoso, há desaceleração durante o caminho. Seu valor é máximo próximo ao eixo de simetria e pode ser representado pelo gráfico da figura 8.

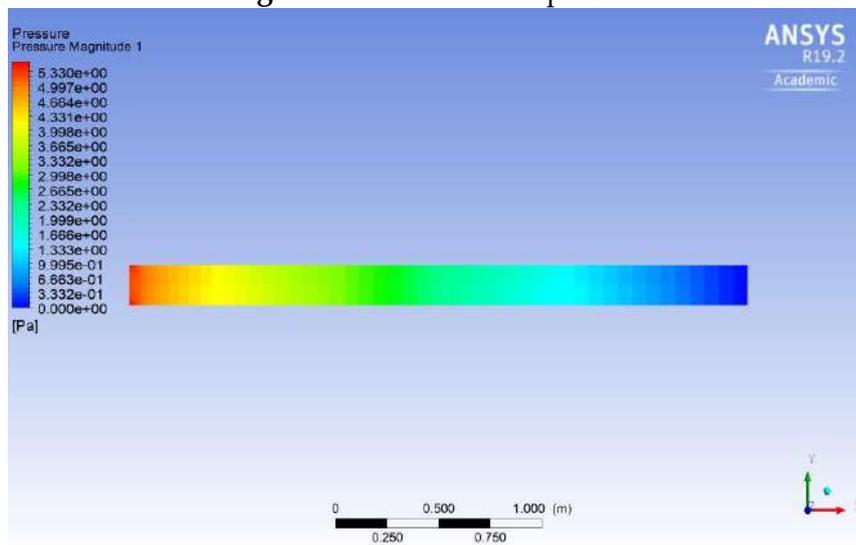
Figura 8 – Gráfico velocidade X distância radial



Fonte: Os atores, 2018.

Já o perfil de pressão é ilustrado pela figura 9.

Figura 9 – Gradiente de pressão



Fonte: Os autores, 2018.

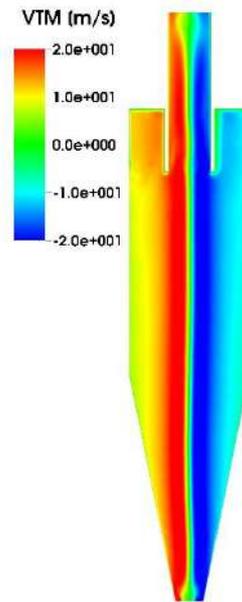
A pressão tem valor máximo no início do escoamento, contudo, em seu fim, aproxima-se de zero.

4.2 CICLONE

As simulações numéricas envolvendo o ciclone foram efetuadas de maneira semelhante aos casos apresentados anteriormente. A partir de uma geometria inicial, a malha foi criada e, considerando as condições de contorno, a simulação foi efetuada.

Na figura 10, pode-se observar o campo de velocidade média em um plano cortando o ciclone. Nota-se que, devido à distribuição das partículas, há fortes gradientes de velocidade.

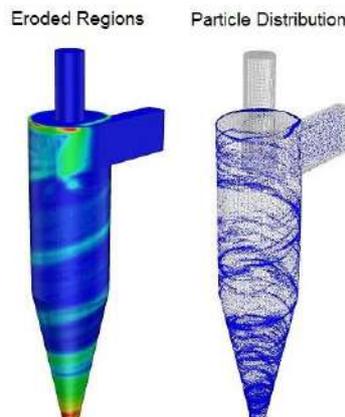
Figura 10 – Gradiente de velocidade



Fonte: Os autores, 2018.

Já na figura 11, observa-se a distribuição de erosão na superfície do ciclone e a distribuição das partículas. Campos de concentração de partículas são notados e essas posições são coincidentes com as regiões de maior taxa de erosão, o que demonstra a grande capacidade dos métodos utilizados em descrever tal fenômeno.

Figura 11- Trajetória das partículas
Erosion in Cyclone



Fonte: Os autores, 2018.

Pode-se inferir que, para a filtração de particulado com granulometria fina, são necessários equipamentos com diâmetro inferior, devido à contraversão de proporcionalidade entre diâmetro e força de aceleração. (SAMPAIO *et al*, 2007). Posteriormente, analisa-se que a área de entrada do dispositivo afeta diretamente o decréscimo de pressão e de sua capacidade (SAMPAIO *et al*, 2007).

Comprimento da seção cilíndrica e curvatura do cone influenciam a permanência do fluido a ser separado; é usual utilizar-se o comprimento da seção cilíndrica similar ao diâmetro, o aumento desta aumenta a classificação do equipamento. (SAMPAIO *et al*, 2007).

De acordo com Sampaio *et al* (2007), “o diâmetro do vortex finder situa-se entre 35 e 40% do diâmetro interno do hidrociclone, entretanto não se trata de uma regra absoluta. As dimensões desse parâmetro exercem influência sobre a eficiência da classificação/capacidade e a pressão, cujo valor pode reduzir ou aumentar.”

Aumento no diâmetro do vortex finder afeta diretamente a porcentagem de sólidos no overflow. Além disso, para não haver choque entre as partículas, o comprimento do vortex finder necessita ser o bastante para que seu apoio seja horizontalmente estabelecido abaixo do injetor (SAMPAIO *et al*, 2007).

5 CONCLUSÃO

Infere-se que a união dos conhecimentos práticos aos teóricos é de grande importância para o meio acadêmico, industrial e econômico. Engenheiros em formação necessitam de atividades extracurriculares para que, por meio de pesquisa, absorvam ao máximo conhecimento e, conseqüentemente, sejam profissionais melhores.

Inicialmente não houve dificuldade na modelagem do hidrociclone, em virtude da alta abundância de conteúdo oferecido na internet. Além do mais, foram programadas reuniões semanais que contribuiriam para o andamento do projeto. Não obstante, alguns obstáculos como o uso do LINUX e o entendimento do software UNSCYFL3D (Unsteady Cyclone Flow 3D) foram encontrados. O sistema operacional é manuseado através de comandos praticados em terminais, além de possuir interface

única. Consequentemente, foi necessário um breve estudo sobre o utilitário para a adequação ao seu comportamento.

Utilizou-se o pacote ANSYS junto com seus aplicativos Workbench e Fluent, o que facilitou o aprendizado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. K. **Comportamento do hidrociclone filtrante frente às modificações no diâmetro de underflow e no tudo de vortex finder**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2008.

CHINÉ, B.; CONCHA, F. Flow patterns in conical and cylindrical hydrocyclones, **Chemical Engineering Journal**, v.80, n.1-3, p.267-273, 2000.

DOMINGOS, D. F. **Fluído Dinâmica Computacional no Ensino de Física**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, GO, 2017.

FERZIGER, J. H.; PERIC, M. **Computational Methods for Fluid Dynamics**. 3. rev. ed. Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2002.

GERMANO, M.; PIOMELLI, U.; MOIN, P.; CABOT, W. H. A dynamic subgrid-scale eddy viscosity model. **Physics of Fluids**, v. 3, p. 1760 – 1765, 1991.

LAUNDER et al. Progress in the development of a Reynolds-stress turbulence closure. **J. Fluid Mech**, v. 68, p. 537 – 566, 1975.

LILLY, D. K. A proposed modification of the Germano subgrid-scale closure method, **Physics Fluids**, v. 4, n. 3, p. 633-635, 1992.

MARTÍNEZ, L. F.; LAVIN, A. G.; MAHAMUD, M. M.; BUENO, J. L. Vortex finder optimum length in hydrocyclone separation, **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v.47, n.2, p.192-199, 2008.

MARTINS, D. A. M. **Implementação e Avaliação de Modelos Computacionais para a Previsão da Erosão em Ciclones**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2016.

MURPHY, S.; DELFOS, R.; POURQUIÉ, M. J B.; OLUIJIC, Z.; JANSSENS, P J.; NIEUWSTADT, F. T. M. Prediction of strongly swirling flow within an axial hydrocyclone using two commercial CFD codes. **Chemical Engineering Science**, v.62, 2007.

MAZUMDER, Q. H. CFD analysis of the effect of elbow radius on pressure drop in multiphase flow. **Modelling and Simulation in Engineering**. v. 12, n.6, p.1619-1635, out. 2012.

SAMPAIO, J. A.; OLIVEIRA, G. P.; SILVA, A. O. Ensaaios de classificação em hidrociclone. *In*: SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. (ed.) **Tratamento de Minérios: práticas laboratoriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2007. p. 139-154.

SILVA, D. O. **Otimização da separação sólido-líquido em hidrociclones mediante modificações geométricas**. 2012. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.

SRIPRIYA, R.; KAULASKAR, M. D.; CHAKRABORTY, S.; MEIKAP, B. C. Studies on the performance of a hydrocyclone and modeling for flow characterization in presence and absence of air core. **Chemical Engineering Science**, v. 62, n. 22, nov. 2007, p. 6391-6402.

SVAROVSKY, L. **Hydrocyclones**. Eastbourne, UK: Holt, Rinehart & Winston, 1984.

VIEIRA, L. G. M. **Otimização dos processos de separação em hidrociclones filtrantes**. 2001. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2001.

Avaliação microbiológica da silagem de colostro bovino fermentado e acondicionado de forma anaeróbica

Microbiological evaluation of anaerobic fermented and conditioned bovine colostrum silage

Matheus Guimarães Fernandes

Graduando do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM).

E-mail: matheusguimaraes11@yahoo.com.br

Juliana Borges Pereira

Professora orientadora (UNIPAM).

E-mail: julianabp@unipam.edu.br

Resumo: Como a alimentação dentro da propriedade leiteira é onerosa em diversos cenários, é preciso buscar alternativas viáveis a fim de se rentabilizarem os processos de criação. Este estudo objetivou avaliar a qualidade microbiológica da silagem de colostro bovino fermentado e acondicionado de forma anaeróbica, avaliando presença e ausência de *Escherichia coli*; *Staphylococcus* sp, *Salmonella* sp, e *Lactobacillus* sp, em uma propriedade no município de Curvelo-MG. Foram utilizadas quinze vacas da raça girolando, das quais foram coletadas 45 amostras de silagem de colostro do primeiro ao terceiro dia pós-parto e armazenadas em garrafa pet sem presença de luz solar. Após a coleta, as amostras ficaram estocadas por um período de 120 dias e levadas para análise laboratorial, por meio de inoculação por superfície. Os resultados obtidos mostraram que, em todas as análises realizadas, os microrganismos patogênicos estavam ausentes em todas as amostras. Encontraram-se nove amostras do primeiro dia, oito do segundo e cinco do terceiro dia pós parto contendo *Lactobacillus* sp

Palavras chave: Alimentação. Bezerro. Colostro. Microrganismo.

Abstract: As feeding on the dairy farm is costly in many scenarios, it is necessary to look for viable alternatives in order to make breeding processes profitable. The objective of this study was to evaluate the microbiological quality of anaerobically conditioned bovine colostrum silage, evaluating the presence and absence of *Escherichia coli*; *Staphylococcus* sp, *Salmonella* sp, and *Lactobacillus* sp, in a property in Curvelo County - MG. Fifteen cows from Girolando breed were used, from which 45 samples of colostrum silage were collected from the first to the third day postpartum and stored in a plastic bottle apart from sunlight. After the collection, the samples were stored in a period of 120 days and taken for laboratory analysis, by means of surface inoculation. The results showed that in all the analyzes performed pathogenic microorganisms were not found in any samples. For *Lactobacillus* sp, nine samples were found on the first day, eight on the second and five on the third day postpartum.

Keywords: Feeding. Calf. Colostrum. Microorganism.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de qualquer sistema de produção de leite está relacionado às condições sanitárias do rebanho. A criação de bezerros compõe a fase mais crítica e determinante do futuro de uma atividade leiteira, e o bezerro neonato é especialmente vulnerável, devido à sua menor capacidade imunológica (RADOSTITS *et al.*, 2007).

Colostro é a primeira secreção láctea produzida após um período seco normal e involução mamária em vacas ou a primeira secreção láctea de uma novilha (TAHMASBI; ABADI; NASERIAN, 2014). Além do importante papel de transferência de imunidade para os bezerros, esse alimento também é a primeira fonte de nutrientes para os mamíferos recém-nascidos. Em propriedades leiteiras especializadas, normalmente o colostro é produzido em quantidades superiores às requeridas pelos bezerros (AZEVEDO *et al.*, 2013), gerando assim excedente do produto.

O manejo do colostro é um fator primordial na determinação da saúde e da sobrevivência dos bezerros. O colostro é estéril quando é excretado dos alvéolos mamários, porém, à medida que passa pelos condutos do úbere, sofre progressivas contaminações, podendo ser uma fonte de exposição a micro-organismos patogênicos para o bezerro recém-nascido. A contaminação do colostro pode ter disparidades quanto a suas origens, como glândula mamária, manejo da ordenha, condições de armazenamento ou equipamentos utilizados para a alimentação dos bezerros (MCGUIRK; COLLINS, 2004; STEWART *et al.*, 2005; GODDEN, 2009).

Devido aos elevados valores biológicos e econômicos do leite integral, a sua substituição, na alimentação de ruminantes neonatos, por um produto de menor custo e níveis nutricionais semelhantes tem constituído um desafio dentro dos sistemas de produção (MODESTO *et al.*, 2002). O uso do colostro excedente como sucedâneo pode constituir alternativa racional (ARGUELLO *et al.*, 2003) e viável (RIBEIRO *et al.*, 2001; SAALFELD, (2007), por conter características nutricionais superiores às do leite e não possui valor comercial, merecendo grande zelo quanto às características físicas, microbiológicas e nutricionais. Entretanto, para ser utilizado no aleitamento de bezerros, deve ser guardado de forma adequada (FOLEY; OTTERBY, 1978).

Colaborando para aumentar a qualidade e o período de armazenamento do colostro, SAALFELD (2008), em suas pesquisas, utilizou a fermentação anaeróbica na conservação do colostro (silagem de colostro). Essa forma de conservação possibilitou manter o colostro armazenado por períodos superiores a 24 meses. A utilização da silagem de colostro proporciona ao produtor de leite uma economia significativa em litros de leite por bezerro alimentado no período de 60 dias. A silagem de colostro não precisa de refrigeração, congelamento ou aditivos, o que coopera para o seu baixo custo de elaboração. Além disso, estudos indicam que animais alimentados com silagem de colostro obtiveram ganho de peso superior aos observados em animais alimentados com leite, constituindo-se assim, um alimento viável para a utilização como sucedâneo do leite (SAALFELD, 2008).

Além do desempenho dos animais, deve-se ter atenção quanto às características físicas e microbiológicas da silagem produzida, pois o odor, a consistência e, em especial, o pH podem refletir na qualidade microbiológica do produto fermentado (AZEVEDO; DUARTE, 2013). Essas características podem estar

relacionadas a problemas de aceitação pelos bezerros, ocorrência de fezes com aspecto anormal, além de sintomas de dor abdominal, aumentando o grau de mortalidade deles (FERREIRA *et al.*, 2013).

O *Staphylococcus aureus* é um dos patógenos mais isolados do leite cru (SANTANA *et al.*, 2006), envolvido em intoxicações de origem alimentar (WONG; BERGDOLL, 2002). Em bovinos, a *Salmonella* sp acarreta severa desidratação e alta mortalidade se não tratada, podendo ocorrer, enterite, septicemia e aborto (WALLIS, 1990). A doença em bezerros usualmente é associada com alta morbidade e variada mortalidade. A infecção crônica provoca diarreia crônica ou intermitente, perda de peso e hipoproteinemia. A *Escherichia coli* é uma bactéria facultativamente anaeróbica, em forma de bastonetes Gram-negativos, que podem ser móveis ou não, sendo um habitante normal dos animais de sangue quente. Os índices referentes a mortalidade podem chegar a 50% conforme o manejo. Estes valores de mortalidade variam de 3% em rebanhos bem manejados até 60% em rebanhos com problemas de manejo (RADOSTITS *et al.*, 2007).

Desse modo, a silagem de colostro torna-se uma alternativa de armazenamento eficiente para o desenvolvimento dos mamíferos recém-nascidos. Com isso, a realização de análises microbiológicas é, indubitavelmente, fundamental a fim de maximizar um fornecimento satisfatório nos quesitos imunológicos, nutricionais e econômicos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar, de forma microbiológica, a silagem de colostro, para que o seu fornecimento seja viável e eficaz.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 AMOSTRA

No estudo, foram analisadas 45 amostras de silagem de colostro provenientes da fazenda Palhadão, localizada no município de Curvelo-MG. Para a obtenção da silagem de colostro anaeróbica, as amostras foram armazenadas em garrafas pets durante 120 dias, na ausência de luz solar. Posteriormente, as amostras foram analisadas do primeiro dia ao terceiro dia pós-parto, verificando-se a presença/ausência de microrganismos. Foram coletas e colocadas em sacos coletores estéreis e transportadas em caixas térmicas. As amostras de colostro foram identificadas pelo local, data e horário da coleta. O volume máximo coletado de cada amostra foi de 100 mL. As amostras foram encaminhadas até ao Laboratório de Microbiologia, do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com as recomendações exigidas pelos órgãos regulamentadores, na instrução normativa de 62, avaliando-se a presença/ausência de *Escherichia coli*, *Salmonella* sp; *Lactobacillus* sp; e *Staphylococcus* sp.

2.2 PREPARO E ALÍQUOTAS DAS AMOSTRAS

Foram pipetados 25 mL da silagem de colostro assepticamente e adicionados a 225 mL de solução APT, composta de salina estéril (NaCl 0,85% p/v) com 0,1% (p/v) de Peptona (SSP), a fim de se obter a diluição inicial (10^{-1}), a qual foi homogeneizada.

Posteriormente, foram realizadas as alíquotas, sendo colocados 10 mL desta diluição num frasco contendo 90 mL de APT, obtendo-se a diluição (10^{-2}). Tal procedimento se repete para obtenção das diluições (10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5}).

2.3 PESQUISA DE *SALMONELLA* SP

Foi realizado um pré-enriquecimento para hidratar e recuperar as bactérias injuriadas. Na diluição (10^{-1}), obtida por 25 mL de amostra de leite a 225 mL de água peptonada tamponada, foram adicionados 2 mL de solução de verde brilhante a 0,25% para inibir a microbiota Gram-positiva. A amostra foi deixada em repouso por 60 min para recuperação das bactérias. Em seguida, foi incubada a 37°C por 24 horas. Após a incubação, foi transferido 0,1 mL para o caldo Rappaport (Rap), incubado a 42°C por 24 horas, e 1 mL para o caldo Selenito-cistina (SC), incubado a 37°C por 24 horas. Após esse período, foi transferida uma alçada, por meio de estrias, para placas com os meios Ágar Hectoen (HE) e Ágar Salmonella Shigela (SS), seguido de incubação a 37°C por 24 horas. Em presença de colônias típicas suspeitas, submete-se às provas confirmativas. Após, foram pescadas uma ou mais colônias que foram transferidas aos tubos de IAL, meio de cultura Instituto Adolfo Lutz, que foram incubados a 37°C por 24 horas. Após a incubação, ocorreu a realização da leitura conforme os resultados obtidos.

2.4 PESQUISA DE *ESCHERICHIA COLI*

Foi utilizada uma alçada de 0,01 mL em cada diluição. As amostras foram estriadas em placas com o meio Eosina azul de metileno (EMB) e incubadas em posição invertida a $35 \pm 0,5^{\circ}$ C durante 24 horas. A presença da *Escherichia coli* se dá com crescimento de bactérias com colônias enegrecidas de cor verde metálico após realizada a coloração de Gram.

2.5 PESQUISA DE *STAPHYLOCOCCUS* SP; *LACTOBACILLUS* SP

Para quantificação de *Staphylococcus* sp, foi utilizada uma alçada de 0,01 mL de cada diluição, em placas contendo o meio de cultura Ágar Sal Manitol (SM), incubadas em posição invertida a 35/37°C, por 24/48 horas.

Em relação às colônias típicas formadas pelos microrganismos no meio SM, foi realizada a identificação presuntiva, com a realização da coloração de Gram.

Para quantificação de *Lactobacillus* sp; foi utilizada uma alçada de 0,01 mL de cada diluição, em placas contendo o meio de cultura MRS, incubadas a 35/37°C, por 24/48 horas, em posição invertida. Após o procedimento, ocorreu a identificação presuntiva com a realização da coloração de Gram.

3 RESULTADOS

Com base na pesquisa realizada, foi observado que não houve presença, em nenhuma amostra, de *Staphylococcus* sp, *Escherichia coli* e de *Salmonella* sp, desde o primeiro dia pós-parto até o terceiro dia. Em relação ao *Lactobacillus* sp;, houve

presença em diversas amostras, ocorrendo uma diversificação nos dias pós-parto e nos animais.

Tabela 1. Amostras de 15 animais do primeiro ao terceiro dia pós-parto, totalizando 45 amostras

Silagem de colostro bovino fermentado e acondicionado de forma anaeróbica				
Microrganismos	1º dia Pós-parto	2º dia Pós-parto	3º dia Pós-parto	Total (%)
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	100%
<i>Salmonella</i> sp	0	0	0	100%
<i>Staphylococcus</i> sp	0	0	0	100%
<i>Lactobacillus</i> sp	9	8	5	62,2%

Fonte: Autoria própria

4 DISCUSSÃO

A silagem de colostro ou do leite de transição é uma forma econômica de se adquirir um substituto do leite de boa qualidade nutricional para as bezerras em aleitamento, além de minimizar os custos do produtor na criação desta categoria animal. O emprego de colostro excedente pode ser uma alternativa viável, pois tem mais proteínas, gorduras, minerais e vitaminas que o leite normal (BATISTA *et al.*, 2016).

Geraseev *et al.* (2011), ao aferirem análises microbiológicas da silagem de colostro *in natura*, constataram que o material com características de boa fermentação não indicou presença de *Staphylococcus* sp. e fungos, o que foi semelhante aos resultados obtidos neste trabalho. O cultivo microbiano direcionou presença de bactérias com características morfológicas semelhantes a *Lactobacillus* sp. para todas as amostras avaliadas, com boas características de fermentação, o que se assemelha ao estudo em questão.

No entanto, para o material com características de fermentação inadequada, associada à dilatação da garrafa, à alta produção de gases e ao odor pútrido, as análises demonstraram positividade para *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus* sp. e fungos, além de concentrações inferiores de *Lactobacillus* sp. Tais características não se assemelham com o trabalho realizado, o que indica que as amostras foram armazenadas e fermentadas de forma correta.

Em silagens em que a fermentação foi inadequada, o pH não apresenta uma queda efetiva e isso pode manter um ambiente adequado para a multiplicação de microrganismos patogênicos ou prejudiciais para os animais, além de reduzir o tempo de armazenamento e a qualidade proteica do alimento (AZEVEDO; DUARTE, 2014; AZEVEDO *et al.*, 2014).

Além do desempenho dos animais, deve-se ter zelo pelas características físicas e microbiológicas da silagem produzida, pois o odor, a consistência e, em especial, o pH podem refletir a qualidade microbiológica do produto fermentado (AZEVEDO; DUARTE, 2013). Essas características podem estar relacionadas a problemas de aceitação pelos bezerros, ocorrência de fezes com aspecto anormal, além de sintomas de dor abdominal, aumentando o grau de mortalidade deles (FERREIRA *et al.*, 2013).

Sabe-se que o processo de fermentação inativa bactérias patogênicas. Azevedo e Duarte (2014) afirmaram que o uso de colostro fermentado como substituto do leite e do leite de transição não favorece a ocorrência de *salmonelose* nos bezerros, pois, normalmente, produtos acondicionados e fermentados de forma adequada não permitem a sobrevivência de agentes da família *Enterobacteriaceae* em concentrações suficientes para promover alterações intestinais nos bezerros. Dessa forma, justifica-se a ausência de *salmonella* no trabalho realizado.

Como as amostras ficaram estocadas por um período de 120 dias, foram isolados somente *Lactobacillus* sp, o que está em concordância com os estudos de Saalfeld et al., (2013), que obtiveram resultados semelhantes em seus estudos.

As bactérias presentes no intestino dos bezerros foram importantes para sustentar a integridade da mucosa intestinal e, assim, permitir maior absorção dos nutrientes digeridos.

Uma vez na corrente sanguínea, esses nutrientes foram aproveitados para o crescimento dos animais. A função principal dessas bactérias, reconhecidamente benéficas, é impedir que bactérias patogênicas se situem no intestino ou minimizar a quantidade delas. Neste sentido, é fundamental que os animais permaneçam saudáveis. Em geral, eles devem apresentar um bom funcionamento do aparelho intestinal, garantindo o equilíbrio da sua microbiota. (FULLER, 1989). Um leite de transição fornecido com presença de *lactobacillus* sp proporciona um produto de melhor qualidade ingerido pelos bezerros.

Conforme Azevedo et al. (2014), a fermentação do leite de transição apresentou boa taxa de aproveitamento, pois mostrou elevada concentração de *Lactobacillus* sp. e ausência de *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus* sp. e fungos, o que se assemelha com o estudo realizado, sendo indicada para o processo de conservação. Azevedo et al., (2014a) relata que o isolamento único de *Lactobacillus* sp. foram indicativos de um processo fermentativo e conservativo de boa qualidade, afirmação que se assemelha com os resultados obtidos.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que não foram encontradas *Escherichia coli*, *Salmonella* sp e *Staphylococcus* sp em todas as amostras pesquisadas. Ocorreu a presença de *Lactobacillus*, microrganismo que possibilita uma melhor sustentação na integridade da mucosa intestinal. São necessários mais estudos direcionados ao tema em questão, pois ainda não se tem um padrão de qualidade específico das amostras, podendo ocorrer variações.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, R. A.; DUARTE, E. R. Aspectos microbiológicos do colostro bovino em diferentes técnicas de conservação e armazenamento: Uma revisão. **Rev. Eletrônica Pesq. Ani**, p. 84-98, 2013.

AZEVEDO, R. A; DUARTE, E. R. Microbiological aspects of bovine colostrum in different techniques of conservation and storage: a review. **REDVET**, v. 15, n. 6, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352014000200024&script=sci_arttext. Acesso em: 26 set. 2019.

AZEVEDO, R.A *et al.* Desempenho de bezerros alimentados com silagem de leite de transição. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.545-552, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2013000500011. Acesso em: 20 fev. 2018.

AZEVEDO, R. A. *et al.* Silagem de colostro: riscos microbiológicos e caracterização do pH em função do dia de coleta. **Rev. Bras. Med. Vet.**, v. 36, n. 3, p. 271-276, 2014. Disponível em: http://www.rbmv.com.br/pdf_artigos/16-12-2014_15-12RBMV053.pdf . Acesso em: 11 fev. 2018.

ARGUELLO, A. *et al.* Effects of refrigeration, freezing-thawing and pasteurization on IgG goat colostrum preservation. **Small ruminant research**, v. 48, n. 2, p. 135-139, 2003.

BATISTA, G. N. *et al.* Avaliação do tempo de armazenamento e composição da silagem de colostro entre duas raças leiteiras: Girolando e Jersey. **Scientific Electronic Archives**, v. 9, p. 10-16, 2016.

BITTAR, C. M. M. Sucedâneos alternativos a fórmulas comerciais. **Milkpoint**, 2015. Disponível em: <http://m.milkpoint.com.br/radar-tecnico/animais-jovens/sucedaneos-alternativos-as-formulas-comerciais-98315n.aspx>. Acesso em: 13 fev. 2018.

BITTAR, C. M. M. Já ouviu falar em silagem de colostro. **Milkpoint**, 2008. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/animais-jovens/ja-ouviu-falar-em-silagem-de-colostro-42258n.aspx>. Acesso em: 23 fev. 2018.

DELLA LIBERA, A. M. M. P. *et al.* Características físico-químicas e microbiológicas do leite de vacas sem alterações ao exame físico da glândula mamária e com alta contagem de células somáticas. **Rev. Bras. Saúde da Produção Animal**, v. 1, n. 2, p. 42-47; 2001. Publicação Online da EMV – UFBA. Disponível em: <http://www.repositorio.ufba.br:8080/ri/handle/ri/1829>. Acesso em: 23 fev. 2018.

DORIA, A. P. *et al.* Silagem de colostro e leite de transição para alimentação de bezerras: revisão da literatura. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 924-938, 2016. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016b/agrarias/silagem%20de%20colostro.pdf> . Acesso em: 23 fev. 2018.

FERREIRA, L. S. Silagem de colostro: caracterização do perfil de fermentação anaeróbia e desempenho de bezerros leiteiros. 2011. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São**

Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-19102011-142638/en.php>.

Acesso em: 24 fev. 2018.

FERREIRA, L. S. *et al.* Desempenho e parâmetros sanguíneos de bezerros leiteiros que receberam sucedâneo lácteo ou silagem de colostro. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v. 65, n. 5, p. 1357-1366, 2013. Disponível em:

<http://pesquisa.bvsalud.org/enfermeria/resource/es/lil-689752> >. Acesso em: 20 fev. 2018.

FOLEY, J.A.; OTTERBY, D.E. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: a review. **Journal of dairy science**, v. 61, n. 8, p. 1033-1060, 1978.

FULLER, R. Probiotics in man and animals. **The Journal of applied bacteriology**, v. 66, n. 5, p. 365-378, 1989.

GERASEEV, L. C. *et al.* pH da silagem de colostro bovino em função do dia de coleta. **XXII Reunião Latinoamericana de Produção Animal, Montevideo**, v. 24, 2011.

GODDEN, S. Colostrum management for dairy calves. **Veterinary Clinics North America**, v. 24, p. 19- 39, 2008.

GLOBO RURAL. **Silagem de colostro pode substituir o leite na alimentação dos bezerros**. (2011). Disponível em:

<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2011/09/silagem-de-colostro-pode-substituir-o-leite-na-alimentacao-dos-bezerros.html>. Acesso em: 16 fev. 2018.

HUBERT, M. *et al.* Substituição do leite in natura pela silagem de colostro na criação de bezerros leiteiros. In: **I Mostra de Iniciação Científica**, 2011, Concórdia-SC. Anais...

Concórdia: Instituto Federal Catarinense, 2011. Disponível em:

<http://eventos.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/09/CAZ-33.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

MCGUIRK, S. M. E COLLINS, M. Managing the producton, storage, and delivery of colostro. **Veterinary Clinics North America**, v. 20, p.593-603, 2004.

MODESTO, E. C. *et al.* Desempenho Produtivo de Bezerros Desmamados Precocemente Alimentados com Diferentes Dietas Líquidas com Utilização de Promotor de Crescimento. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 31, n. 1, supl. p. 429-435, jan. 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000200018&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 fev. 2018.

OLIVEIRA, E. N. A. *et al.* Composição físico-química de leites em diferentes fases de lactação. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v.8, n.4, 2010. Disponível em:

<http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/academica?dd1=4512&dd99=view&dd98=pb>.
Acesso em: 21 fev. 2018.

RADOSTITS, S.C. *et al.* Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats. 10th ed. **Philadelphia**: Saunders Elsevier, 2007.

RIBEIRO, T.R *et al.* Características da carcaça de bezerros holandeses para produção de vitelos recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2154-2162, 2001.

SAALFELD, M. H. A redescoberta de um alimento saudável, nutritivo e com potencial probiótico. **EMATER**, RS, 2015. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2015/audiencia-publica-19-de-novembro-de-2015-emater>. Acesso em: 19 fev. 2018.

SAALFELD, M. H. *et al.* Anaerobically fermented colostrum: an alternative for feeding calves. **Ciência Rural**, v. 43, n. 9, p. 1636-1641, 2013.

SAALFELD, M. H. *et al.* Colostro: a redescoberta de um alimento saudável, nutritivo e com potencial probiótico. **Agroecologia e Desenv. Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 18-24, maio/ago. 2012. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/Rev-Agroeco3_Colostro.pdf. Acesso em: 10 fev. 2018.

SAALFELD, M. H. *et al.* Uso da Silagem de colostro como substituto do leite na alimentação de terneiras leiteiras. **Hora Vet**, v. 162, p. 59-62, 2008.

SAALFELD, M. H. Silagem de colostro, lucro certo no bolso do produtor. **EMATER**, RS, 2007. Disponível em: <http://atividaderrural.com.br/artigos/4ffdbd058ffa9.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2018.

SANTANA, E. H. W. *et al.* Estafilococos: morfologia das colônias, produção de coagulase e enterotoxina a, em amostras isoladas de leite cru refrigerado. **Semina: ciências agrárias**, v. 27, n. 4, p. 639-646, 2006.

STEWART, S. *et al.* Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 7, p. 2571-2578, 2005.

TAHMASBI, A. M.; ABADI, S. H. J.; NASERIAN, A. A. The effect of two liquid feeds and two sources of protein in starter on performance and blood metabolites in Holstein neonatal calves. **J. Dairy Sci.**, v. 97, p. 363-371, 2014.

WALLIS, T. S. *et al.* The role of leucocytes in the induction of fluid secretion by *Salmonella typhimurium*. **Journal of medical microbiology**, v. 31, n. 1, p. 27-35, 1990.

WONG, A. C. L.; BERGDOLL, M. S. Staphylococcal food poisoning. *In*: CLIVER, D. O; RIEMANN, H. P. **Foodborne Diseases**, v. 2, p. 231-248, 2002.