ISSN 1806-6399

Perquirere

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

VOL. 15, N. 3, SET./DEZ. 2018

SUMÁRIO

Estudos de Engenharias e Sistemas de Informação

Dosagem experimental de concreto de pós-reativos utilizando diferentes métodos de empacotamento de partículas.....01
Thais Isabela Simão Kardec
Mateus Felipe da Silva
Jessé Moreira de Oliveira
Douglas Ribeiro Oliveira

Análise de vigas de concreto armado reforçadas ao cisalhamento com polímero de fibras de carbono.....21
Andrêssa Cristina Gonçalves
Weslley de Sousa Araujo
Renata de Oliveira Melo

Viabilidade do uso de areia de praia aplicada em argamassas de revestimento.....40
Gabriel Almeida Silva
Rogério Borges Vieira
Douglas Ribeiro Oliveira

Estudo sobre concretos leves de alto desempenho.....55
Nathalia Tawany Oliveira do Nascimento
Eduardo Pains de Morais

Análise do telhado verde para redução do escoamento e captação de água para fins não potáveis.....67
Jéssica Nayara Martins
Lorena Cássia Gontijo dos Reis
Nancy Tiemi Isewaki

Análise do cumprimento do programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção – PCMAT.....87
Kamilla Hyasmin Cruz Rodrigues
Reginaldo Pereira de Oliveira

Avaliação do uso de casca de maracujá (*passiflora edulis*) quimicamente modificados na remoção de cor de efluente têxtil.....98
Willian Geraldo da Silva
Dayene do Carmo Carvalho

Estudo químico do extrato clorofórmico das folhas da *Annona Muricata L*.....112
Maria Luiza da Silva Pereira
Karoline Pereira Ribeiro

Nanopartículas de prata: síntese, caracterização e aplicação como agente antibacteriano.....122
Isadora Ferreira Caixeta
Sandra Lúcia Nogueira

Sistema de gerenciamento de trabalhos científicos para o Centro Universitário de Patos de Minas.....135
Ana Claudia de Sousa
José Corrêa Viana

A inteligência artificial no processo de ensino/aprendizagem.....152
Letícia Ferreira Barcelos
Juliana Lilis

Arquitetura e desenvolvimento de aplicação mobile de streaming de vídeo para EAD.....164
Douglas Henrique Pereira Tiago
Eduardo Henrique Silva

Análise de harmônicos na instalação elétrica do Centro Clínico Odontológico do UNIPAM.....178
Clênio José Martins Júnior
Fabio de Brito Gontijo

Estudos de Ciências da Terra

Casuística do serviço de cirurgia do Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).....190
Júnior Artur dos Reis
Marcelo Coelho Lopes
Thaisa Reis dos Santos

Avaliação do efeito cicatrizante do óleo essencial de *Melaleuca alternifólia* em ratos wistar (*Rattus norvegicus albinus*).....200
Raissa Botelho e Oliveira
Lorrayne de Barros Bosquetti

Análise microbiológica da carne moída bovina comercializada no mercado municipal de Patos de Minas.....214
Tainara Luana da Silva Soares
Luiz Fernando Rocha Botelho
Juliana Borges Pereira

Ocorrência de ectoparasitas e helmintos gastrointestinais em cães do canil da associação protetora animal e ambiental de Patos de Minas, MG.....224
Yasmine Oliveira Santos
Luan Pereira Barcelos
Eneida César Mastrantonio

Avaliação da carcinogenicidade do Apoquel® (maleato de oclacitinib) em *Drosophila melanogaster*.....233
Frederico Faria Melo Júnior
Priscila Capelari Orsolin
Glaucia Aparecida Oliveira Almeida

Efeitos da redução da concentração de ocitocina exógena no bem-estar e na produção de leite de vacas lactantes.....247
Welton de Oliveira Rabelo
Matilde da Conceição Pessoa

Coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* na cultura da soja (*Glycine Max L. Merril*) como agentes de fixação biológica de nitrogênio e promotor de crescimento.....254
Paulo Henrique Ferreira Ribeiro
Rodrigo Mendes de Oliveira

Avaliação de armadilhas para a captura da broca do café (*Hypothenemus hampei*).....261
Isadora Cristina de Oliveira Assis
Walter Vieira da Cunha

Revista Perquirere • 15(3):1-20, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Dosagem experimental de concreto de pós-reativos utilizando diferentes métodos de empacotamento de partículas

Experimental dosage of post-reactive concrete by using different methods of particle packing

Thais Isabela Simão Kardec
Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: thaiskardec@unipam.edu.br

Mateus Felipe da Silva
Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: mateussilvaengenharia@outlook.com

Jessé Moreira de Oliveira
Doutor em Físico-Química Teórica; Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). e-mail: emaildojessemoreiraoliveira@gmail.com

Douglas Ribeiro Oliveira
Professor do Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: douglasro@unipam.edu.br

RESUMO: O concreto de pós-reativos (CPR) pode ser entendido como um concreto de alta durabilidade, baixa permeabilidade e de elevada resistência. Apresenta em sua composição cimento, agregados de diâmetro máximo de 2 mm, baixo fator água/cimento (a/c), aditivos hiperplastificantes de 3ª geração e adições como sílica ativa e fibras metálicas. No presente trabalho foram avaliados métodos de dosagens por empacotamento de partículas, sendo analisados três métodos: Fuller, Andreasen e Andreasen modificado, variando os coeficientes de empacotamento, sendo concluído que o coeficiente de empacotamento 0,25 aplicado ao método de Andreasen foi o mais eficiente no quesito resistência mecânica. Definiu-se a porcentagem ideal de 5% de aditivo, das proporções de pozolanas, utilizou-se uma substituição de 25% de adições nas quais 5% de metacaulim e 20% de sílica, e a cura por confinamento a 110°C. Ao fim dos ensaios, foram obtidos aos 7 dias 179 MPa de resistência à compressão e 21,21MPa à flexão.
PALAVRAS-CHAVE: Concreto de pós-reativos. Empacotamento de partículas. Adições minerais. Processos de cura.

ABSTRACT: Post-reactive concrete (PRC) can be understood as a high-durability, low-permeability, high-strength concrete. In its composition are present cement, aggregates of

maximum diameter of 2 mm, low water / cement factor (a/c), hyperplasticizing additives of 3rd generation and additions as active silica and metallic fibers. In the present work, we evaluated particle packing dosage methods, and analyzed three methods: Fuller, Andreasen and Andreasen modified, varying the packaging coefficients. It was concluded that the 0.25 packaging coefficient applied to the Andreasen method was the most efficient in mechanical resistance. The ideal percentage of 5% additive, from pozzolan proportions, was used a 25% substitution of additions in which 5% of metacaulin and 20% silica, and curing by confinement at 110 ° C. At the end of the tests 179 MPa of compressive strength and 21.21 MPa at flexion were obtained at 7 days.
KEYWORDS: Post-reactive concrete. Particle packing. Mineral additions. Cure processes.

1. INTRODUÇÃO

O concreto de alta resistência, ou o concreto de pós-reativos (CPR), pode ser entendido como um concreto de alta durabilidade, baixa permeabilidade e também de alta resistência. Trata-se de um concreto que apresenta em sua composição cimento de alta resistência inicial, agregados de boa qualidade com diâmetro máximo de 2 mm, baixa relação água/cimento (a/c), aditivos superplastificantes e adições como sílica ativa e fibras metálicas (NEVILLE, 2013).

O material oferece grandes resistências à compressão e também à tração e à flexão, quando adicionadas fibras metálicas na sua composição (DIAS; GIONGO, 2006). De acordo com Bina (1999), quanto às características macroscópicas, o CPR apresenta um meio quase impermeável tanto à agua quanto a agentes agressivos. Apresenta alta resistência ao gelo/degelo e baixíssima retração. A utilização deste concreto é usual em estruturas espaciais leves, tabuleiros de pontes, vigas, passarelas, pré-fabricados de túneis, além de projéteis e engrenagens.

Um dos principais problemas envolvendo o CPR está na metodologia de dosagem e na obtenção de agregados com qualidade para ser empregado em sua produção. Por se tratar de um concreto de alta resistência, é necessária a utilização de métodos de dosagem diferentes do concreto convencional. Quanto aos agregados, são utilizados a areia de quartzo e o pó de quartzo, o qual pode ser de difícil obtenção ou até mesmo de elevado custo em determinadas regiões.

A maior dificuldade na execução desse tipo de concreto em obras está na obtenção de materiais específicos e no controle tecnológico da dosagem, além da necessidade da análise laboratorial mais precisa dos componentes do concreto. Por se tratar de um concreto com apenas finos, o trabalho de pesquisa a ser apresentado irá avaliar métodos de dosagens matemáticas baseados na análise do empacotamento de partículas, sendo analisados três métodos: Fuller e Thompson, Andreasen e Andersen; e Andreasen modificado por Alfred. Tais métodos são equações exponenciais teóricas que definem a distribuição de partículas esféricas de forma a tornar contínua a composição granulométrica das misturas, resultando na menor porosidade do sistema. O expoente é chamado coeficiente de distribuição (q) e quão menor seu valor, maior finura terá a curva granulométrica idealizada.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal do presente estudo é efetuar dosagem experimental de concreto de pós reativos de alto desempenho através de diferentes métodos de dosagem por empacotamento de partículas. Para tanto, conta com os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Analisar a influência de altas dosagens de hiperplastificantes na trabalhabilidade e resistência mecânica nos concretos de pós-reativos para definição do aditivo ideal e seu teor ótimo.
- ✓ Determinar a mistura de pozolanas com maior reatividade e contribuição ao desempenho mecânico dos concretos.
- ✓ Comparar três métodos de dosagem por empacotamento granulométrico com diferentes coeficientes de distribuição (coeficiente q), a fim de se obter a matriz cimentícia mais resistente.
- ✓ Verificar a influência de diferentes processos de cura na resistência mecânica da matriz escolhida.
- ✓ Analisar a influência da utilização de fibras de aço na trabalhabilidade e na resistência mecânica do concreto.

3. JUSTIFICATIVA

O concreto de ultra alto desempenho apresenta características que possibilitam a execução de estruturas mais complexas, além de reduzir dimensões dos elementos estruturais, a quantidade de aço e o número de vigas, reduzindo o custo final da construção. Os estudos têm se concentrado em aplicações industriais, em fabricação de peças resistentes a impactos com grande ductilidade, em aumento da durabilidade das construções e menor peso das peças pré-moldadas para estruturas especiais, etc.

Todos os modelos de dosagem por empacotamento de partículas, entretanto, consideram as partículas como sendo esferas de diferentes tamanhos, e a não observância desse princípio dos pós e materiais reais acaba por criar incertezas quando ao desempenho do empacotamento, fazendo necessários testes com diferentes valores de q.

Não há uma padronização nem um consenso entre os estudos quanto ao método e o valor de coeficiente de distribuição ideal. Autores como Vanderlei e Giongo (2006) desenvolveram dosagem pelo método proposto por Andreasen e Andersen, o qual apresenta um modelo matemático de natureza semi-empírica, variando os coeficientes de distribuição de 0,20 a 0,37.

Da mesma forma, não há estudos que procuram relacionar a influência dos aditivos, da cura térmica, adições de fibras e blendas com diferentes materiais pozolânicos na elaboração de um processo de dosagem para concretos de pós-reativos.

Portanto, justifica-se este estudo como forma de auxiliar o meio acadêmico

a definir o melhor método para majoração da resistência, haja vista o grande número de trabalhos que defendem diferentes fórmulas, métodos, coeficientes e diferentes adições.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. CONCRETO DE PÓS-REATIVOS

O CPR é um concreto que apresenta elevada resistência à compressão, variando entre 200 MPa até 800 MPa, fator de grande interesse na construção civil atual, o qual exige concretos com maiores capacidades mecânicas e físicas que possibilitam a criação de estruturas mais esbeltas e diferenciadas com elementos estruturais ou decorativos mais complexos (BINA, 1999).

Os concretos de ultra alto desempenho são caracterizados por apresentarem um baixo teor água/cimento e serem constituídos de agregados miúdos com diâmetros menores que 2 mm, fibras de aço, adições minerais e cimentos com altas resistências iniciais. Da mesma forma, necessitam de um processo de fabricação, moldagem e cura especiais para que possam atingir o máximo desempenho.

4.2. MÉTODOS DE DOSAGEM E MATERIAIS

Os métodos de dosagem por empacotamento de partículas partem de modelos matemáticos em que são considerados os tamanhos das partículas e um coeficiente de distribuição. O processo de empacotamento consiste no cálculo proporcional de agregados com diferentes granulometrias, determinando qual massa de cada agregado deverá ser utilizada na dosagem para que as partículas menores preencham os vazios deixados pelas partículas maiores, minimizando assim a quantidade de vazios.

O modelo de empacotamento de Fuller e Thompson propõe formulação matemática que resulta em uma composição granulométrica de distribuição contínua. "Para isso estabeleceram um coeficiente de distribuição (q) igual a 0,5 para otimizar a mistura e obter uma curva com o mínimo de vazios" (LONDERO, 2016, p. 16).

Diversas adaptações ao método foram propostas de modo a melhorar o desempenho mecânico dos compostos, como cerâmicas, concretos, argamassas com maior foco na mudança do coeficiente q. Pesquisadores como Andreasen e Andersen almejaram substituir o coeficiente de distribuição por valores que variam entre 0,33 e 0,50. O modelo de Andreasen considera uma distribuição real onde todos os tamanhos das partículas podem ser considerados. Outro método utilizado é o método de Furnas, que considera as partículas individualmente, sendo caracterizadas pelo seu diâmetro, volume e densidade.

Funk e Dinger (1994) verificaram que os modelos de Furnas e Andreasen convergem para uma única equação e, por meio de simulações computacionais,

eles demonstraram a influência do coeficiente de distribuição, confirmando que se o valor q for 0,37 ou menor, será possível obter uma distribuição infinita sem porosidade. Caso contrário, existe sempre porosidade. Esse modelo foi chamado de Modelo de Andreasen Modificado.

Segundo Tutikian, Isaia e Helene (2011), a seleção dos materiais exerce uma grande influência em qualquer composição de concreto, mas quando se trata de concretos de ultra alto desempenho, essa questão se torna primordial.

Para composição da dosagem final do CPR, é utilizado normalmente cimento CPV ARI, por este apresentar uma alta pureza, um módulo de finura elevado e por ter como principal característica uma alta resistência inicial. Com a aplicação desse material, encontra-se uma estrutura eficaz e grandes vantagens pela sua durabilidade e resistência.

Os agregados utilizados no CPR devem apresentar dimensões reduzidas e controladas, auxiliando no empacotamento, na compacidade e na homogeneidade. Desta forma, é comumente visto em dosagens de concretos de pós-reativos o uso de agregados de origem quartzosa.

Tutikian, Isaia e Helene (2011) ressaltam que os agregados de quartzo são recomendados devido às propriedades superiores da rocha mãe. O quartzo é uma rocha de elevada dureza e resistente à compressão, superior à maioria dos materiais disponíveis para britagem.

Os aditivos químicos com maior desempenho permitem a dosagem de concretos de elevadas resistências e com baixos teores de água/cimento, mantendo a consistência necessária para uma boa aplicação e trabalhabilidade do concreto. Dentre os diversos tipos de aditivos que proporcionam características que melhoram desempenho, existem os aditivos superplastificantes e hiperplastificantes.

Segundo Tutikian, Isaia e Helene (2011), as adições minerais são componentes de grande importância para os concretos de alto desempenho, devido a suas ações químicas e físicas. As adições com atividades pozolânicas mais comumente usadas para o desenvolvimento são a sílica ativa, o metacaulim e as cinzas de casca de arroz, isso devido à característica em comum dessas adições, por possuírem grãos de pequena dimensão com grande potencial pozolânico.

Há diferentes processos de cura, os quais agem de maneira específica para cada tipo de concreto. Nos CPR, é comumente utilizada a cura sob pressão e em altas temperaturas. Segundo Tutikian, Isaia e Helene (2011), a cura térmica colabora com a formação de cristais que influenciam a resistência mecânica no concreto.

Outro componente da mistura também sofre mudanças quando colocado sobre tratamento térmico. Richard e Cheyrezy (1995) afirmam que o quartzo, quando apresenta diâmetros entre 5 μm e 25 μm próximo ao tamanho médio das partículas de cimento, apresenta uma maior reatividade quando submetido a tratamento térmico.

Ainda segundo Richard e Cheyrezy (1995), a aplicação de altas temperaturas junto à aplicação de pressão durante o processo de cura do concreto fresco in-

fluencia na remoção do excesso de água do amassamento e aumenta a compacidade e a densidade do concreto.

5. METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Materiais de Construção no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Os estudos foram divididos em cinco etapas, nas quais foram verificadas as características dos materiais, as adições e os processos, com foco na trabalhabilidade e na resistência mecânica como critério de escolha.

5.1. MATERIAIS UTILIZADOS E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Foram utilizados cimento CPV ARI, pó de quartzo e areia normal brasileira normatizada pela ABNT NBR 7214:2015, com malhas de #16 (1,18 mm), #30 (0,60 mm), #50 (0,30 mm) e #100 (0,15 mm). A utilização desse material fez com que os processos de verificação de adições se mantenham sempre padronizados, sem que ocorra interferência nos ensaios mecânicos.

Para o concreto final, a areia normal brasileira foi substituída pela areia de quartzo de forma graduada, conforme determinado pelo processo de empacotamento de partículas. As demais adições foram definidas de modo a se obter misturas com distribuição granulométrica próxima aos métodos em análise.

Os traços de verificação e o traço final foram dosados a partir de uma caracterização física dos materiais utilizados seguindo as normas técnicas. Os agregados e aglomerantes foram analisados quanto a sua granulometria (ABNT NBR NM 248:2003), massa específica (DNER-ME 194/98) e massa unitária (ABNT NBR NM 45: 2006).

5.2. AMASSAMENTO E ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

Devido à baixa trabalhabilidade e viscosidade elevada dos CPR, utilizou-se um processo de mistura específico proposto por Biz (2001). Fatores como a baixa relação água/cimento e a finura da mistura junto à necessidade de aditivo de atuação eletrostática exigem altas energias para amassamento, homogeneização e diminuição da viscosidade aparente das misturas. Para tanto, além de rotinas específicas, foi necessário o uso de argamassadeira planetária com diferentes velocidades de mistura.

Após a mistura, foram efetuados os seguintes ensaios com o concreto no estado fresco: determinação do índice de consistência (ABNT NBR 13276:2016), caracterização reológica pelo método *squeeze-flow* (ABNT NBR 15839:2010) e determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado - ABNT NBR 13278:2005. Esses ensaios permitem caracterizar a amostra com base na sua consistência, trabalhabilidade e ar incorporado.

Posteriormente foram moldados doze corpos-de-prova cilíndricos com 5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento com duas camadas aplicando-se 30 golpes por camada. Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e colocados em tratamento de cura por imersão em água à temperatura ambiente.

5.2. ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

Em cada etapa de verificação, foram realizados ensaios de natureza mecânica a fim de verificar a resistência à compressão, a resistência à tração e o módulo de elasticidade. Características físicas como massa específica e absorção também foram analisadas, possibilitando traçar um perfil do traço analisado.

No estado endurecido foram realizados os ensaios de determinação da resistência à compressão (ABNT NBR 7215:1997), de determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica (ABNT NBR 15630: 2008), de determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT NBR 13279:2005) e de determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica (ABNT NBR 9778:2009).

5.3. PROCESSO DE DOSAGEM

O processo de dosagem foi dividido em cinco etapas nas quais foram determinados, respectivamente, o melhor aditivo e a porcentagem ideal a ser utilizada no concreto de pós-reativos, a influência do material pozolânico na resistência mecânica, a determinação de diferentes métodos de dosagem por empacotamento de partículas, a análise de diferentes processos de cura e a influência mecânica da utilização de fibras metálicas.

5.3.1. Determinação do aditivo

Foram utilizados na pesquisa quatro aditivos superplastificantes à base de policarboxilatos de 2ª e 3ª gerações em porcentagens de 3%, 5% e 7% em relação ao teor de cimento, a fim de analisar a influência da superdosagens na consistência e na resistência mecânica dos concretos de pós-reativos.

5.3.2. Análise das adições minerais

Foram estudadas blendas de sílica ativa, metacaulim e pozolana, como substituição máxima de 25% em relação ao cimento. Os ensaios foram realizados com base na norma técnica ABNT NBR 5752:2014, de modo a se determinar a mistura das pozolanas mais reativa.

5.3.3. Dosagem através de métodos granulométricos

Após definição do aditivo e das adições pozolânicas, foram realizadas dosagens através dos métodos de empacotamento de partículas em estudo. Foram

testados três métodos de dosagem com diferentes coeficientes de distribuição, como exposto no quadro 1.

Os traços foram verificados no estado endurecido aos 28 dias, conforme citado no item 5.3. A mistura que apresentar os melhores resultados será definida como traço final.

QUADRO 1. Modelos de Dosagem e Coeficientes de Distribuição

Modelo de Dosagem	Coeficiente de distribuição	Denominação
Andreasen	0,2	Traço 9
	0,25	Traço 10
	0,3	Traço 11
	0,4	Traço 12
Andreasen Modificado	0,2	Traço 14
	0,3	Traço 15
	0,4	Traço 16
Fuller	0,5	Traço 17

Fonte: Próprio autor

5.3.4. Processos de cura

Após a escolha do traço final, foram analisados diferentes processos de cura. Foram moldados 24 corpos de prova, dos quais 12 foram confinados em pressão de 1,2 MPa por 4 horas e os demais permaneceram em condições normais. Após 24 horas, efetuou-se a cura térmica com temperatura de 90 °C em 6 dos corpos de prova confinados, sendo os demais submersos em água à temperatura ambiente. O mesmo processo foi repetido com os 12 corpos de prova restantes.

6. RESULTADOS

6.1. CARACTERIZAÇÃO

A determinação da composição granulométrica dos agregados miúdos foi realizada conforme descrições da ABNT NBR NM 248:2001. Foram ensaiadas três areias com composição quartzosa, a fim de determinar qual agregado seria mais adequado para compor o traço. Todas apresentaram módulos de finura abaixo da faixa determinada pela ABNT NBR 7211:2009, para agregados miúdos do concreto, que varia de 1,55 a 2,20. No entanto, além de a norma ser específica para concretos convencionais, ainda se ressalta que valores diferentes dessas faixas podem ser aceitos desde que seja comprovada sua aplicabilidade durante a dosagem, visto que o concreto de pós-reativos apresenta diâmetros abaixo de 2 mm como característica. Tal fator não foi determinante na escolha dos agregados utilizados. Por

apresentar diâmetro máximo maior que 2 mm, a areia de quartzo 3 não foi aprovada.

O ensaio da determinação da composição granulométrica dos aglomerantes e adições foi realizado por sedimentação conforme ABNT NBR 7181:2016. Os pós de quartzo 1 e 2 apresentaram resultados semelhantes, portanto, adotou-se o pó de quartzo 1 como padrão para os demais ensaios, visto que a utilização dos dois não iria agregar na composição granulométrica dos traços.

O ensaio de massa específica dos agregados foi realizado através do método do frasco de Chapman, conforme a DNER-ME 194:1998, e para os aglomerantes e adições, adotou-se o método pelo frasco de Le Chatelier de acordo com a ABNT NBR NM 23:2001. Para a determinação da massa unitária dos materiais, utilizou-se uma adaptação da ABNT NBR NM 45:2006. Os resultados encontram-se na tabela 1.

TABELA 1. Resultados do ensaio de massa específica e massa unitária

MATERIAL	MASSA ESPECÍFICA (g/cm^3)	MASSA UNITÁRIA (g/cm^3)
Areia de quartzo 1	2,65	1,57
Areia de quartzo 2	2,65	1,51
Pó de quartzo 1	2,60	1,01
Sílica	2,06	0,48
Metacaulim	2,60	0,46
Pozolana	1,97	0,94
Cimento	3,08	0,93

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

6.2. ANÁLISE DOS ADITIVOS

Para análise inicial, foram determinados o aditivo e a porcentagem em relação à massa de cimento que resultaria em resistências mais elevadas. Foram utilizados quatro aditivos, denominados A, B, C e D, nas porcentagens 3, 5 e 7% da massa de cimento. Como parâmetro de avaliação, os traços produzidos foram verificados no estado fresco e endurecido. Na tabela 2 é possível verificar os valores obtidos de espalhamento do concreto através do ensaio de *Flow Table*.

TABELA 2. Espalhamento

Aditivo	Espalhamento (mm) em relação à porcentagem		
	3%	5%	7%
Aditivo A+B	125,2	213,4	241,7
Aditivo C	125,6	216,2	232,8
Aditivo D	148,5	247,2	254,5

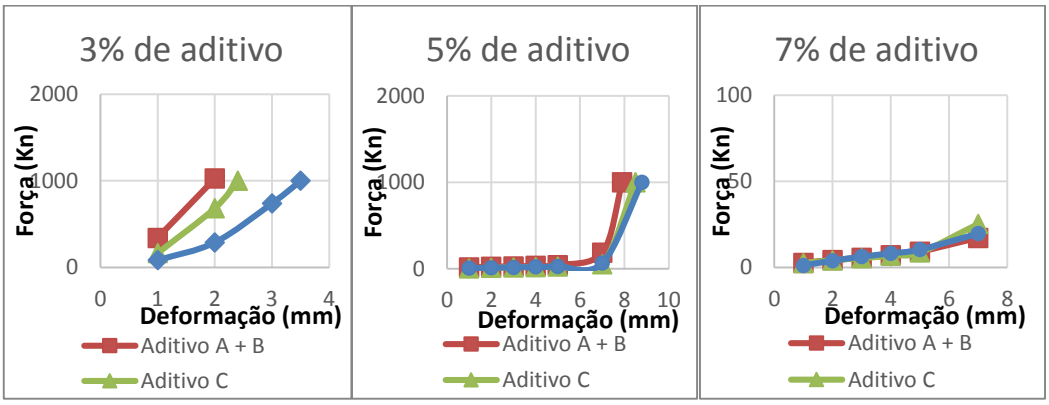
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Foi possível observar que o aditivo D apresentou uma influência maior na consistência do concreto em relação aos demais, entretanto, somente com o acréscimo de 5% e 7% de aditivo, foi possível observar uma real interferência.

Com 7% de adição, todos os aditivos ainda agregaram de forma positiva no acrescimento do espalhamento do concreto, indicando que possivelmente não se haveria chegado à sua dosagem máxima, visto que Metha e Monteiro (1986) sugerem que, quando alcançam a superdosagem, há presença de segregação, perda e abatimento. Entretanto, conforme pode ser visualizado na tabela 2, o ganho de espalhamento mais relevante se deu com teor de 5%, enquanto o teor de 7% já demonstra pouco ganho relativo.

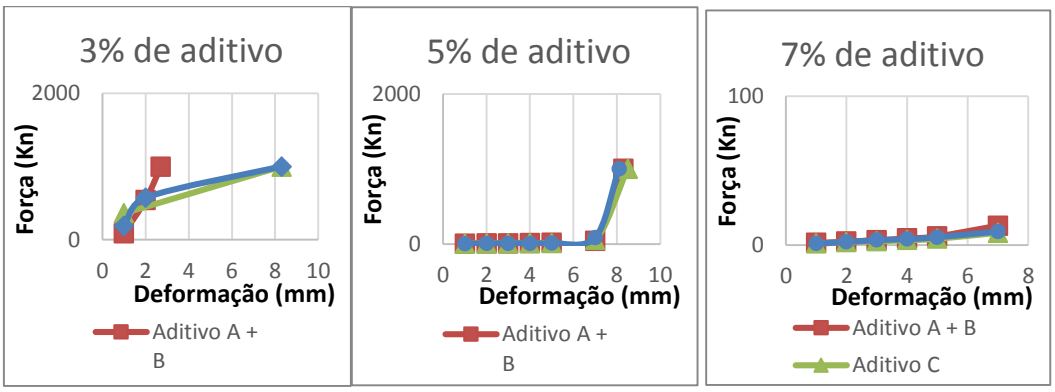
Posteriormente o comportamento reológico das amostras foi verificado através dos ensaios de *squeeze-flow*. Os gráficos 1, 2 e 3 foram dispostos de acordo com a taxa de cisalhamento aplicada e a porcentagem de aditivo.

GRÁFICO 1. Ensaio de *squeeze-flow* com taxa de cisalhamento de 3 mm/s



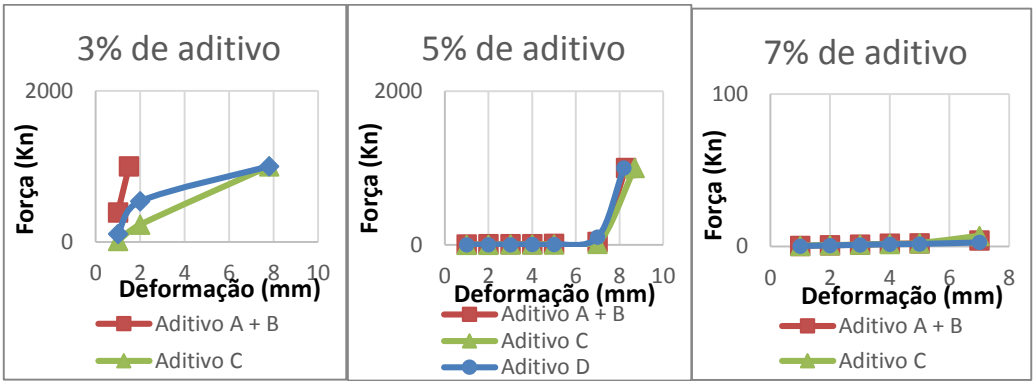
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

GRÁFICO 2. Ensaio de *squeeze-flow* com taxa de cisalhamento de 1 mm/s



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

GRÁFICO 3. Ensaio de *squeeze-flow* com taxa de cisalhamento de 0,1 mm/s



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

No ensaio de *squeeze-flow*, quanto mais inclinada a curvatura, pior é a trabalhabilidade do material para a taxa de solicitação imposta. Pode-se perceber que em todos os casos, para 7% foi possível obter uma melhor trabalhabilidade do concreto, podendo ser concluído que, dentre as relações de aditivo, 3% foi a que apresentou pior trabalhabilidade. Assim como no trabalho de Cardoso (2009), foi acrescentado o ensaio com velocidade de cisalhamento de 1 mm/s de modo a caracterizar melhor o comportamento reológico das misturas, apresentando resultados finais próximos às taxas pedidas pela ABNT NBR 15839:2010.

Para avaliação no estado endurecido, foram moldados 12 corpos de prova de cada traço, os quais foram rompidos por compressão axial aos 7 e 28 dias de idade e cura. Para cada idade foi possível obter os seguintes resultados para cada aditivo e teor adicionado, demonstrados na tabela 3:

TABELA 3. Resultados de Resistência Aditivos Adicionado

ADITIVO	PORCENTAGEM	RESISTÊNCIA (7 dias) MPa	RESISTÊNCIA (28 dias) MPa
Aditivo A + Aditivo B	3%	70,40	63,70
	5%	66,40	65,70
	7%	54,50	56,80
Aditivo c	3%	64,60	57,70
	5%	**80,40**	**96,30**
	7%	75,50	75,70
Aditivo d	3%	67,10	79,50
	5%	66,40	76,20
	7%	54,20	63,50

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

Concretos de alto desempenho com a utilização de maiores porcentagens de aditivos superplastificantes têm por característica se apresentarem como fluidos não newtonianos. Isso significa que a tensão de cisalhamento não é proporcional à taxa de deformação, o que limita o conceito de trabalhabilidade de consistência desse tipo de concreto. É possível analisar esse tipo de material através da correlação entre a taxa de tensão de cisalhamento e a deformação apresentada. Quanto maior a deformação do fluido com uma menor taxa de tensão de cisalhamento, melhor a consistência do material.

Observou-se, através dos ensaios obtidos, que a porcentagem 5% apresentou uma melhor eficiência no quesito resistência/consistência. Na velocidade de 3mm/s e com 3% de adição, o aditivo D apresentou melhores resultados que os demais, contudo, mas não foi suficiente para deixar o concreto trabalhável. Com 5% e 7 % de adição, os aditivos C e D se destacaram de forma discreta e obtiveram valores aproximados.

Os mesmos resultados se repetiram nas demais velocidade, o aditivo A + B apresentou uma curva mais acentuada que os demais aos 3% de adição, e aos 5% e 7%, todos os aditivos apresentaram-se de forma similar.

Com 7% de adição, as amostras apresentam uma consistência mais trabalhável, entretanto, essa alta dosagem influenciou de forma negativa nos resultados de compressão axial. Com a utilização do aditivo D em especial, observou-se uma retardação na pega, fator que pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Avaliando o quesito resistência final, pode-se concluir que o aditivo C apresentou resultados mais favoráveis de resistência aos 7 e 28 dias de idade, fator usado como critério de escolha, haja vista a similaridade dos resultados no estado fresco.

6.3. POZOLANA

Em primeiro plano foi avaliada a adição de sílica ativa e metacaulim, apresentando-se na Tabela 4 os resultados de compressão e a resistência à tração por flexão aos 7 e 28 dias, obtidos para misturas com substituição máxima de 25% da massa do aglomerante.

Pode-se observar, por meio da tabela 4, que os concretos com maiores adições de metacaulim apresentaram uma maior resistência inicial em relação aos de sílica, visto que o metacaulim possui, além do seu efeito pozolânico, o chamado efeito-filer, que, devido a sua finura, colabora para ampliar a coesão do concreto, diminuindo assim a sua porosidade, fator visto desde as idades iniciais. A sílica age de forma química, processo mais prolongado em que, através das reações pozolânicas, o silício de cálcio hidratado reage com o hidróxido de cálcio, auxiliando assim no ganho de resistência.

Constatou-se que a proporção 5% de metacaulim e 20% de sílica ativa apresentou melhor desempenho aos 28 dias, tanto no quesito compressão quanto flexão. Isso se deve à melhora na zona de transição entre agregado/pasta, conforme afirmam Monteiro e Mehta (1986): "o processo de refinamento dos poros e dos

cristais presentes na pasta de cimento proporcionado pelas adições tem um papel fundamental no aumento das resistências mecânicas, na medida que aumenta a resistência da matriz na zona de transição".

TABELA 4. Resultados de resistência na proporção de pozolonas

RELAÇÃO metacaulim/sílica	RESISTÊNCIA COMPRESSÃO (MPa)		RESISTÊNCIA FLEXÃO (MPa)	
	7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
0%/0%	50,48	53,54	7,52	8,72
0%/25%	61,35	74,20	10,00	12,68
5%/20%	62,09	75,85	10,69	11,33
10%/15%	62,48	71,12	9,78	11,56
15%/10%	63,29	72,57	9,97	10,48
20%/5%	65,91	70,43	10,52	11,19
25%/0%	67,71	74,09	10,58	11,41

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

Após a escolha das porcentagens de metacaulim e sílica, foi efetuada a análise da adição de pozolana, mantendo a substituição da massa de cimento em 25%, proporcionado metacaulim /sílica e pozolana. A tabela 5 apresenta os resultados máximos aos 7 e 28 dias para cada porcentagem, demonstrando resistências à compressão e à tração.

TABELA 5. Resultados de resistência na Proporção de pozolonas

RELAÇÃO metacaulim/sílica/pozolana	RESISTÊNCIA COMPRESSÃO (MPa)		RESISTÊNCIA FLEXÃO (MPa)	
	7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
0%/0%/25%	42,45	53,78	6,88	7,84
1%/4%/20%	46,41	59,18	7,38	9,59
2%/8%/15%	53,50	66,91	8,45	10,39
3%/12%/10%	55,01	67,67	8,98	11,03
4%/16%/5%	58,28	73,13	9,81	11,86
5%/20%/0%	61,08	82,14	9,92	12,34

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Pelos resultados apresentados na tabela 5, percebe-se que a proporção 5% de metacaulim e 20% de sílica, sem adição do material pozolânico, demostrou maior eficiência quanto à resistência de compressão e flexão nas idades analisadas.

Dessa maneira, para a composição do traço final, foram adotados 20% sílica e 5% metacaulim para substituição da massa do aglomerante cimento.

6.4. ANÁLISE DOS PROCESSOS DE DOSAGENS

Para escolha do traço foram analisados sua trabalhabilidade de forma visual e sua resistência à compressão e à tração por flexão. Na tabela 6 é possível observar o desenvolvimento dos resultados de compressão axial obtidos.

TABELA 6. Resultados à compressão

Traço	**Resistência à Compressão(MPa)**		**Resistência à Flexão (MPa)**	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
Traço 9	104,2	127,5	20,2	21,2
Traço 10	115,2	137,3	23,9	27,5
Traço 11	118,8	133,7	23,1	26,9
Traço 12	100,1	124,8	21,2	24,4
Traço 14	111,9	137,5	24,1	26,4
Traço 15	95,0	119,0	14,3	23,3
Traço 16	94,8	117,3	13,9	22,9

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Os traços também foram avaliados quantos às suas características físicas. Na tabela 7 é possível observar os dados obtidos nos ensaios de massa específica e de absorção e módulo de elasticidade dinâmica.

TABELA 7. Resumo dos resultados dos ensaios físicos

Traços	**Massa específica (g/cm^3)**	**Absorção**	**Índice de vazios**	**Módulo de elasticidade (GPa)**
9	2,28	1,2%	2,6%	45,07
10	2,32	3,0%	6,8%	48,08
11	2,23	10,9%	22,0%	29,86
12	2,21	11,7%	23,1%	28,86
14	2,22	11,6%	23,1%	31,52
15	2,11	15,6%	28,5%	13,64
16	2,18	12,4%	24,0%	26,76

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Após a mistura dos traços, foi concluído que o traço resultante do processo

de Andreasen com coeficiente de empacotamento 0,25 apresentou melhor eficiência nos quesitos mecânicos analisados. Somente o traço com empacotamento de 0,2 de Andreasen apresentou uma consistência trabalhável, fator possivelmente explicado pelo maior consumo de cimento.

O traço obtido pelo método de Fuller apresentou-se de forma totalmente inconsistente, exigindo, assim, uma alteração na relação água/aglomerante ou na porcentagem de aditivo adicionado. Tal fato pode ser explicado devido ao baixo consumo de cimento do traço e ao alto consumo de agregados, tornando a necessidade do aumento a/c um fator determinante.

Assim como afirmam Castro e Pandolfelli (2009), valores do coeficiente de distribuição devem ser menores que 0,30; assim, a consideração de q com valores próximos a 0,30 favorece a produção de concretos adensados sob vibração, enquanto que valores menores que 0,25 resultam em misturas alto adensáveis O efeito da redução do valor do coeficiente de distribuição se dá no aumento da quantidade de finos, o que influencia a interação entre as partículas.

Devido ao fato de se ter padronizado esses valores, almejando uma verificação mais precisa da composição granulométrica, optou-se por não moldar tal traço. Os demais traços também se apresentaram com uma baixa trabalhabilidade, não permitindo ensaios no estado fresco.

Concretos de alto desempenho têm por característica possuir um baixo índice de vazios, "devido à baixa permeabilidade, com a porosidade podendo chegar a 10% da encontrada em concretos tradicionais e a porometria chegando em alguns casos à eliminação total de macroporos" (ASSIS *et al*, 2007). Helene (1983) ainda classifica os concretos, de acordo com a sua absorção, em: 1) duráveis, quando a absorção possui percentuais menores que 4,2%; 2) normais, quando esse valor está entre 4,2% e 6,3%; e 3) concretos deficientes, quando o percentual de absorção é superior a 6,3%. Contudo, observou-se que os traços 11, 12, 14, 15 e 16, apesar dos altos valores de resistência à compressão, apresentaram valores de índice de vazios e absorção que os caracterizam como concretos deficientes. Esses valores podem ser explicados devido à baixa trabalhabilidade do concreto, o que impediu o seu perfeito adensamento.

Os valores de módulo de elasticidade dinâmico dos traços 11, 12, 15 e 16 também foram aquém do esperado. Esses valores podem ser justificados devido ao elevado índice de vazios e ao baixo consumo de cimento. Castro, Liborio e Pandolfelli (2011) afirmam que "a resistência mecânica e o módulo de elasticidade são reduzidos proporcionalmente com o volume de poros inativos e são influenciados pelo volume de poros ativos e pela umidade dentro deles".

6.4. ANÁLISE DA CURA TÉRMICA

Após a definição do traço, foram realizados diferentes processos de cura, a fim de verificar qual possui uma melhor influência nos resultados de resistência mecânica. Na tabela 8 é possível observar os valores de resistência à compressão e à tração por flexão dos traços analisados.

TABELA 8. Resistência à compressão e à tração por flexão para diferentes temperaturas de cura térmica

Tipo de Cura	Resistência à Compressão(MPa)		Resistência à Flexão (MPa)	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
25º	128,33	132,38	108,88	135,63
90º	150,40	162,62	147,39	153,78
95º	160,85	147,79	159,85	139,35

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Aos sete dias, todos os corpos de prova que foram confinados nas primeiras 8 horas após a moldagem e foram expostos a uma temperatura mais elevada durante a cura apresentaram uma resistência mecânica superior aos demais. Entretanto, aos 28 dias, os corpos de prova com 120°C e 95°C apresentaram uma redução na resistência mecânica.

A justificativa para esse fenômeno de redução de resistência pode ser explicada devido ao alto fator densidade do concreto. Por ser um concreto muito denso, mesmo em idades precoces, ele não permite um transporte suficientemente rápido da água de cura para o interior dos elementos de concreto, pois, conforme Mechtcherine e Dudziak (2012), concretos de alta resistência apresentam microestrutura muito densa. Portanto, foi escolhido como método mais adequado a cura com confinamento, tratamento térmico com os corpos de prova submersos e em temperaturas entre 100°C a 115°C.

6.5. ANÁLISE DO TRAÇO FINAL

Após todos os processos, foram moldados 6 corpos de prova, em que foram combinados os materiais com melhores eficiências nas etapas anteriores, e realizados os ensaios de compressão e flexão, para testar a eficiência dos materiais combinados. O traço final é apresentado na tabela 9:

TABELA 9. Traço final

Traço final	
Cimento	1,000
Quartzo Rosa	0,661
Quartzo Branco	1,1
Metacaulim	0,050
Sílica	0,200
Pó quartzo	0,440
Água/aglomerante	0,2
Aditivo	0,05
Fibras	0,03

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

Após processos de moldagem e cura confinada, os CPs foram submetidos aos ensaios nas idades de 7 e 28 dias e apresentaram os resultados dispostos na tabela 10.

TABELA 10. Resistência à Compressão e resistência à Flexão

Idade	Resistência à Compressão(MPa)	Resistência à Flexão (MPa)
7	179,82	21,21
28	161,21	19,37

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

Assim como ocorrido durante os processos de curas, o traço final apresentou queda nas resistências à flexão e compressão na idade de 28 dias, comparado a 7 dias. Tal fato pode ser justificado pela retração autógena em que a água de hidratação é drenada do concreto e pela sua alta densidade. Não há uma reposição dessa água nas idades seguintes, o que ocasiona o aparecimento de microfissuras nas idades mais tardias. Na figura 25 é possível observar os corpos de prova após a ruptura por flexão.

FIGURA 1. Corpos de prova após ruptura

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

7. CONCLUSÕES

Por meio da realização de ensaios laboratoriais, foi possível realizar a caracterização física dos materiais empregados na pesquisa: pó de quartzo, areia de quartzo, cimento, metacaulim e sílica; e definir o tipo de aditivo, os materiais pozolânicos e o tipo de cura mais adequado para produzir um concreto com maior resistência mecânica.

Notou-se que os aditivos analisados nesta pesquisa contribuíram de forma significativa e semelhante no quesito consistência, porém, foi possível observar

que altas dosagens podem contribuir de forma negativa na resistência mecânica.

A adição de matérias pozolânicas é fundamental na composição de concretos de pós-reativos. Observou-se um acrescimento de 30% da resistência à compressão em relação à amostra sem adições.

A dosagem por empacotamento granulométrico sofre influência de diversos fatores além da dimensão dos grãos. Nesta pesquisa, adotou-se uma dosagem na qual o empacotamento foi realizado com todos os materiais (aglomerantes, adições e agregados). Desta forma alguns traços apresentaram consumos de cimento mais elevados e outros muito aquém aos dos concretos tradicionais, acarretando em concretos com pouca trabalhabilidade. Entretanto, foi possível observar que o empacotamento sobressaiu a esse fator, visto que o traço definido como o mais eficiente não possuía o maior consumo de cimento entre os traços estudados.

A cura térmica com confinamento auxilia no ganho de resistência do concreto, contudo, é necessário avaliar essa questão de forma mais abrangente. O confinamento auxilia na redução dos índices de vazios e, desta forma, prejudica na hidratação do concreto resultando na perda de resistência nas idades mais elevadas. Nesta pesquisa, pôde-se observar que a cura em temperaturas de 100°C a 115° C agregou de forma mais eficiente as características do concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5752:* materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro 2014.

_____. *NBR 7214*: Areia normal para ensaio de cimento: Especificação. Rio de Janeiro 2015.

_____. *NBR 7215*: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro 1996, versão corrigida 1997.

_____. *NBR 9778*: Argamassa e concreto endurecidos: Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005, versão corrigida 2009.

_____. *NBR 13276*: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro 2016.

_____. *NBR 13278*: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado Rio de Janeiro 2005.

_____. *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.

_____. *NBR 15630*: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica Rio de Janeiro 2008, versão corrigida 2009.

_____. *NBR 15839*: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Caracterização reológica pelo método *squeeze-flow*. Rio de Janeiro, 2010.

_____. *NBR NM 23*: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro 2001.

_____. *NBR NM 248:* Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR NM 45*: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro 2006.

BINA, P. Concretos de pós reativos: uma revolução no conceito do concreto. *Téchne*. São Paulo, Pini, ed. 38, 1999. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/38/artigo287168-1.aspx>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BIZ, C. E. *Concreto de pós reativos.* 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP, 2001.

CASTRO, A. L. de; LIBORIO, J. B. L.; PANDOLFELLI, V. C. Desempenho de concretos avançados para a construção civil, formulados a partir do método de dosagem computacional. *Cerâmica*, [s.l.], 55(335): 223-251, 2009.

ASSIS, Joaquim Teixeira *et al*. Estudo da porosidade em concretos de alto desempenho por técnicas de processamento de imagens, 2007. Disponível em http://www.sbmac.org.br/eventos/cnmac/xxxi_cnmac/PDF/141.pdf.

FUNK, J.; DINGER, D. Predictive Process Control of Crowded Particulate Suspensions - Applied to Ceramic Manufacturing, Kluwer Academic Plublishers. Boston, 1994.

LONDERO, C. *Dosagem de concreto ecológico com base em empacotamento de partículas.* 2016. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MECHTCHERINE, Viktor; DUDZIAK, Lukasz. "Effects of superabsorbent polymers on

shrinkage of concrete: plastic, autogenous, drying", in: *Application of Super Absorbent Polymers (SAP) in Concrete Construction*. Springer Netherlands, 2012, p. 63-98.

MONTEIRO, P. J. M.; MEHTA, P.K. *Interaction between carbonate rock and cement paste. Cement and Concrete Research*, 16(2): 127-134, 1986.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J. J. *Tecnologia do Concreto.* 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RICHARD, P; CHEYREZY, M. Composition of reactive powder concretes. *Cement and Concrete Research*, 25(7): 1501-1511, 1995.

TUTIKIAN, B. F.; ISAIA, G. C.; HELENE, P. "Concreto de alto e ultra-alto desempenho", in: *Concreto:* ciência e tecnologia. São Paulo: Ibracon, 2011, p. 1283-1325.

VANDERLEI, R. D.; GIONGO, J. S. Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas. *Caderno de Engenharia de Estruturas*, 33(8): 115-148, 2006.

Revista Perquirere • 15(3):21-39, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Análise de vigas de concreto armado reforçadas ao cisalhamento com polímero de fibras de carbono

Analysis of Reinforced Concrete Beams with Polymer Carbon Fibers

Andrêssa Cristina Gonçalves
Graduanda do Curso de Engenharia Civil. andressa_cristina20@hotmail.com

Weslley de Sousa Araujo
Graduando do Curso de Engenharia Civil. weslley-araujo@hotmail.com

Renata de Oliveira Melo
Professora Especialista do Curso de Engenharia Civil. renataom@unipam.edu.br

---

RESUMO: O surgimento de deteriorações é comum nas estruturas ao longo do tempo, tornando indispensável o estudo sobre as técnicas de reforço estrutural. Dentre as estruturas, há as vigas de concreto armado que são submetidas às tensões de cisalhamento. Estas, por sua vez, resistem mal às tensões cisalhantes, podendo ser levadas a ruínas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a resistência ao cisalhamento de vigas de concreto armado, submetidas a reforço estrutural com PRFC do tipo laminado, bem como a sua viabilidade e praticidade. Para a análise moldaram-se doze vigas de concreto armado. Do total de vigas, três delas eram compostas de armadura completa e nove compostas com 70% da área de aço da armadura transversal. Destas, três foram reforçadas na posição de 90° e três na posição de 45°. Ainda, três destas não foram reforçadas para comparar a resistência que as vigas tiveram após o reforço.
PALAVRAS-CHAVE: Reforço Estrutural. Laminado de Carbono. Cisalhamento.

ABSTRACT: The appearance of deteriorations is commonly found in structures over time, turning the study of structural reinforcement techniques indispensable. Among the structures, there are the reinforced concrete beams that are subjected to shear stresses. These, in turn, resist poorly the shear stresses, and can be carried to ruins. Thus, the present work had as objective to analyze the shear strength of reinforced concrete beams, submitted to structural reinforcement with laminated type PRFC, as well as its viability and practicality. For the analysis, twelve reinforced concrete beams were molded. Of the total beams, three of them were composed of full armor and nine made up of 70% of the steel area of the transverse reinforcement. Of these, three were reinforced in the 90° position and three in

the 45° position. Still, three of these were not reinforced to compare the strength that the beams had after reinforcement.
KEYWORDS: Structural Reinforcement. Carbon Laminate. Shearing.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

No âmbito da engenharia civil, a modernidade em estruturas de concreto armado está cada vez mais presente. Surgem novas técnicas construtivas, e a busca por conhecimento para a obtenção de uma maior durabilidade destas estruturas é constante.

As estruturas de concreto armado podem necessitar de reforço estrutural por diversos fatores, como recuperar a carga portante, preparar a estrutura para receber uma sobrecarga ou corrigir algum erro durante a concepção/execução.

Dentre as possibilidades para o reforço estrutural, encontra-se o reforço por aumento da seção transversal, o reforço por aplicação de protensão externa, o reforço por adição de chapas e perfis metálicos e o reforço por adição de Polímeros Reforçados com Fibras de Carbono (PRFC).

A respeito da adição de fibras, Furlan (1995) assegura que o aumento de resistência proporcionado por elas se deve à transferência de forças na superfície de ruptura. Essas forças são resistidas pelas fibras, que as transferem parcialmente à matriz da região íntegra através de tensões de interface, considerada intacta.

Em termos de resistência, as vigas de concreto armado podem sofrer vários tipos de ruínas, dentre elas se encontram as ruínas por flexão, as rupturas por falha de ancoragem no apoio, as rupturas por esmagamento da biela e as ruínas por cisalhamento, que em grande parte são causadas devido à deficiência da armadura transversal. Diante disso, viu-se a necessidade do estudo de reforço estrutural a cisalhamento em vigas de concreto armado, utilizando o PRFC do tipo laminado.

A importância deste trabalho refletiu-se no indispensável estudo sobre as técnicas de reforço estrutural em vigas de concreto armado, visto que é comum o surgimento de deteriorações e anomalias nas estruturas ao longo do tempo. Ainda, mediante os diferentes materiais que podem ser empregados para o aumento da vida útil da estrutura, enfatizou-se o PRFC, do tipo laminado, como alternativa de reforço estrutural a cisalhamento para vigas de concreto armado.

Neste presente trabalho objetivou-se o estudo do comportamento teórico experimental de vigas de concreto armado com reforço estrutural a esforço de cisalhamento. Ainda, os objetivos específicos foram a análise da resistência ao cisalhamento de vigas de concreto armado, submetidas a reforço estrutural com PRFC, a verificação de qual posição em que o reforço foi colocado apresentou resultado mais satisfatório e a apuração da viabilidade e praticidade do uso do laminado de fibras de carbono como reforço estrutural a cisalhamento.

2. Referencial teórico

2.1. Durabilidade nas estruturas de concreto da construção civil

A construção civil está presente em toda a história da humanidade. Inicialmente as construções eram rústicas e demandavam poucos recursos. Ao longo dos anos as técnicas construtivas se aprimoraram, contando com riquezas de detalhes e conhecimentos cada dia mais aprofundados. Em comum a todas as etapas evolutivas, encontra-se o objetivo de desenvolver estruturas que atendam às suas necessidades. Dentre estas, destaca-se a busca por maior conforto tanto para a moradia quanto para o ambiente de trabalho e a garantia de durabilidade da estrutura.

A durabilidade de uma estrutura de concreto armado é a capacidade de a estrutura manter as suas características estruturais e funcionais originais pelo tempo de vida útil esperado, nas condições de exposição para as quais foi projetada. É essencial que as estruturas de concreto desempenhem as funções que lhe foram atribuídas, que mantenham a resistência e a utilidade que delas se espera, durante um período de vida previsto ou, pelo menos, razoável (Oliveira, 2013, p. 24). De acordo com a ABNT NBR 6118:2014 (p. 15), "a durabilidade das estruturas de concreto requer cooperação e atitudes coordenadas de todos os envolvidos nos processos de projeto, construção e utilização [...]".

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil (ABNT NBR 6118:2014, p. 15).

Diversos fatores contribuem para a durabilidade das estruturas de concreto armado, desde a correta fabricação e execução técnica do projeto, até a qualidade dos insumos utilizados em sua composição. Em termos da durabilidade das estruturas, para Souza e Ripper (1998, p. 19),

> Serão a quantidade de água no concreto e a sua relação com a quantidade de ligante o elemento básico que irá reger características como densidade, compacidade, porosidade, permeabilidade, capilaridade e fissuração, além de sua resistência mecânica, que, em resumo, são os indicadores de qualidade do material, passo primeiro para a classificação de uma estrutura como durável ou não.

Levar em consideração a classe de agressividade do ambiente em que a estrutura estará inserida é fundamental para o aumento da sua durabilidade (Azevedo, 2011).

2.3. Reforço estrutural

Com a modernidade, surgiram várias formas de se intervir na estrutura, aumentando a sua vida útil. Dentre elas encontra-se o reforço estrutural. De acordo

com Almeida (2001), independentemente da causa que leve à necessidade de se reforçar uma viga de concreto armado, pode-se distinguir entre o reforço ao momento fletor e o reforço ao esforço cortante. O reforço ao momento fletor pode ser necessário por insuficiência da armadura de tração ou por deficiência de mecanismos resistentes à compressão. Já no esforço cortante, é mais comum que se necessite de reforço devido à deficiência dos estribos.

Segundo Zucchi (2015), em algumas circunstâncias, o profissional pode se deparar com condições desafiadoras para a escolha mais adequada tanto da técnica de reforço, quanto do material que deverá ser utilizado. Ainda, segundo o mesmo autor, esses desafios podem ser devidos aos diferentes agentes agressivos a que o edifício pode estar exposto, à compatibilização de materiais, à necessidade de controle do excesso de peso e à dificuldade em vencer grandes vãos.

Qualquer técnica adotada requer como pressupostos principais do projeto a identificação das possíveis soluções, de forma a se obter um sistema coerente com o ambiente em que se insere a estrutura, respeitando-se o partido arquitetônico e balanceando-se quanto aos aspectos relativos a custos (REIS, 2001, p. 79).

A escolha de qual tipo de reforço utilizar vai depender de dois fatores predominantes. O primeiro será o objetivo do reforço, se é devido a erros de projeto e/ou execução, se é para recompor a capacidade portante, ou se é devido ao aumento de sobrecargas. O segundo serão o recurso financeiro disponível, os materiais encontrados na região, o tempo gasto, a mão de obra disponível, dentre outros motivos.

As etapas do projeto de reparo/reforço constituem-se nos seguintes itens: fazer o diagnóstico do problema e tomar as medidas emergenciais necessárias; verificar a viabilidade técnica e econômica do projeto; investigar o estado da estrutura; definir a melhor técnica, bem como materiais a utilizar; projetar, calcular e detalhar o reforço; executar o trabalho com um adequado controle de qualidade; e por fim, executar o projeto com controle de qualidade rigoroso (SANTOS, 2006, p. 1).

A respeito das técnicas de reforço, Almeida (2001, p. 7) diz: "Cada técnica possui suas vantagens e desvantagens, devendo-se avaliá-las de forma a escolher aquela que represente a melhor relação custo benefício e possa ser executada dentro do prazo requerido". Carneiro (2006, p. 6), por sua vez, afirma que "são correntes as técnicas de reforço por aumento da seção transversal, por aplicação de protensão externa, por colagem de chapas de aço e, ultimamente, por colagem de polímeros reforçados por fibras (FRP)".

2.3.4. Reforço estrutural com PRFC

Os PRFC são fibras encontradas na forma de tecido, lâmina ou pó, sendo que a principal diferença entre as formas que ele se apresenta é o processo executivo. Os tecidos podem ser aplicados em diversas camadas até atingir a espessura necessária para o reforço, desde que sejam bem aderidos ao substrato por meio de

resinas, enquanto as lâminas são aplicadas em uma única camada, e sua capacidade resistente varia de acordo com a espessura da lâmina (TIMERMAN, 2011).

De acordo com Ribeiro, Da Silva e Santos (2013), uma das causas do descolamento da camada de reforço acontece quando há uma má aderência entre a camada de concreto e a camada de PRFC. Nesse caso, as tensões de tração e cisalhamento que atuam na interface concreto/reforço superam a capacidade de aderência do material utilizado na colagem, podendo depender da qualidade do material, da execução do serviço ou do número de camadas.

As fibras estão imersas dentro de uma matriz polimérica. Essa matriz tem a função de proteger as fibras e transmitir as solicitações externas para as fibras, mantendo-as posicionadas corretamente para evitar propagação de fissuras e consequente ruptura do compósito (HOLLAWAY, 1991 *apud* BEBER, 2003).

Segundo Machado (2002), normalmente os sistemas compostos estruturados que utilizam as fibras de carbono como elemento resistente apresentam extraordinária resistência mecânica e rijeza, bom comportamento à fadiga e à atuação de cargas cíclicas, elevada resistência a ataques químicos diversos, e não sofrem corrosão, por se tratar de um produto inerte. Eles ainda apresentam estabilidade térmica e reológica e extrema leveza, devido ao baixo peso específico do sistema (da ordem de 1,6g/cm3 a 1,9g/cm3, cerca de 5 vezes menor do que o do aço estrutural), chegando-se até ao ponto de não se considerar o seu peso próprio nos reforços.

Os reforços com fibras de carbono nas vigas podem ter por finalidade absorver os esforços de tração devido aos momentos fletores positivos e negativos como também das tensões devido aos esforços de cisalhamento, sendo na maioria dos casos aplicados na parte externa dos elementos (RIBEIRO, 2012). Segundo Callister (2011), o PRFC possui o maior módulo específico e a maior resistência específica dentre todas as fibras de reforço.

As fibras são obtidas através de um processo térmico, e quanto maiores forem as temperaturas, maior será o módulo de elasticidade do material (HABITZREUTER, 2013). Porém, quanto maior o módulo de elasticidade, maior o custo do processo (MACHADO, 2002).

Romero (2007) cita como desvantagens deste material o elevado custo, a dificuldade de visualização das fissuras quando utilizados o tecido e o coeficiente de dilatação diferente do concreto, e por fim, a possibilidade de destacamento prematuro nas bordas devido às tensões.

3. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, foram obtidos dados experimentais através de ensaios realizados no Laboratório de Análises Tecnológicas dos Materiais do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), com embasamento na fundamentação teórica, para melhor entendimento e realização.

Inicialmente fez-se o dimensionamento das armaduras das vigas de concreto armado. Os cálculos utilizados para este dimensionamento foram realizados com equações simplificadas em concordância com a NBR 6118:2014. Após a realização dos cálculos, tornou-se possível a obtenção da área de aço necessária para as vigas, como pode ser visto no Quadro 1.

QUADRO 1. Dimensionamento da armadura transversal e longitudinal

Armadura	Área de aço (cm²/m)	Quantidade	Diâmetro (mm)
Longitudinal superior	Apoio para os estribos	2 barras	05
Longitudinal inferior	1,51	2 barras	10
Transversal (completa)	2,73	14 estribos	05
Transversal (70%)	1,68	9 estribos	05

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Para as armaduras, utilizou-se o aço CA 50. Foram feitas três armaduras compostas de duas barras longitudinais de 10 mm de diâmetro na parte inferior, duas barras longitudinais de 5 mm de diâmetro na parte superior, contando com 14 estribos espaçados igualmente. Com essas armaduras, moldaram-se três vigas com armadura completa, suficientes para resistir aos esforços solicitantes.

Para possibilitar a verificação do desempenho do reforço estrutural com laminado de carbono, fora feitas nove armaduras com deficiência de estribos, utilizando apenas setenta por cento (70%) da área de aço total necessária para que a viga resista aos esforços cortantes. Essas armaduras foram compostas de duas barras longitudinais de 10 mm de diâmetro na parte inferior, duas barras longitudinais de 5 mm de diâmetro na parte superior, contando com nove estribos espaçados igualmente.

Em seguida, as vigas de concreto armado foram moldadas para concretagem. Para a moldagem utilizaram-se formas de madeira disponibilizadas pelo Laboratório de Análises Tecnológicas dos Materiais do UNIPAM. As formas possuem altura de 12 centímetros, largura de 7,5 centímetros e comprimento de 90 centímetros

Foram concretadas 12 vigas. O concreto utilizado para a concretagem das vigas foi o concreto usinado, dosado em central, e o fck estimado foi de 25 MPa. Utilizou-se o concreto autoadensável pelo fato de as vigas terem apenas 7,5 cm de largura, o que evita que elas apresentem espaços vazios decorridos de um ruim adensamento gerado pelo pequeno espaço entre a forma e a armadura. O concreto autoadensável, por sua vez, molda-se preenchendo todos os espaços da forma, não sendo necessária a vibração. As vigas foram identificadas de acordo com a quantidade de estribos que compunham sua armadura, como se vê na Figura 1.

FIGURA 1. Vigas concretadas e identificadas de acordo com a armadura

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Por meio da Figura 1, observa-se que as três vigas compostas de armadura completa estão identificadas, e em razão disso, sabe-se que as nove vigas restantes são compostas com armadura insuficiente.

Dentre as 12 vigas, seis delas são vigas-modelo. Essas vigas não tiveram algum tipo de reforço estrutural. Três vigas compostas com armadura completa, comprovando a veracidade dos cálculos, e três vigas com armadura insuficiente que serviram para um comparativo. Neste comparativo observou-se como uma viga de concreto armado simples se comporta aos esforços solicitantes e como uma viga de concreto armado submetida a reforço estrutural com laminado de carbono se comporta nessa mesma situação.

Simultaneamente à concretagem das vigas de concreto armado, foram concretados quatro corpos de prova, verificando-se se o fck estimado atendeu ao esperado. Os corpos de prova cilíndrico foram moldados de acordo com a norma regulamentadora ABNT NBR 5738:2015.

Passadas 24 horas da concretagem, as vigas de concreto armado e os corpos de prova passaram pelo procedimento de desforma. Foram finalizadas a desforma e as vigas de concreto armado, e os corpos de prova foram submersos em um tanque com água para o processo de cura.

Após os 28 dias, destinados ao processo de cura, as vigas de concreto armado identificadas para receber o reforço estrutural foram preparadas para a fixação do laminado de carbono. Para esta preparação, foram retiradas as vigas do tanque com água para que elas secassem completamente. Após secagem, as vigas foram lixadas, para regularização de toda superfície que não estava em conformidade, e foram limpas, retirando-se qualquer tipo de partícula solta, para melhor aderência do PRFC, conforme ilustrado na Figura 2.

O PRFC utilizado é da empresa fabricante Sika, do tipo Sika Carbodur S 512. Dentre as propriedades deste produto disponibilizadas pelo fabricante, destacam-se o baixo custo de transporte de material de reforço, a disponibilidade em qualquer comprimento sem necessidade de juntas, a extraordinária resistência à fadiga, a resistência à alcalinidade e a vantagem de não sofrer corrosão, como pode ocorrer com as chapas metálicas.

FIGURA 2: Preparação das vigas para fixação do PRFC

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

O laminado de carbono utilizado possui várias propriedades mecânicas de grande relevância para o bom desempenho do reforço estrutural. Dentre elas, destacam-se a resistência à tração na ruptura e a resistência à temperatura. O laminado de carbono utilizado possuía 11 centímetros de altura e foram espaçados igualmente em 2,5 centímetros, dispostos em 3 placas em cada extremidade. Após preparada a superfície de contato das vigas de concreto armado, fixou-se o laminado de fibras de carbono com adesivo estrutural à base epóxi.

Das vigas identificadas com armadura transversal insuficiente, que foram submetidas ao reforço estrutural, três delas foram reforçadas no ângulo de noventa graus (90°). Outras três vigas, foram reforçadas no ângulo de quarenta e cinco graus (45°), como pode ser observado na Figura 3 e na Figura 4, respectivamente.

FIGURA 3: Reforço estrutural no ângulo de noventa graus (90°)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

FIGURA 4. Reforço estrutural no ângulo de quarenta e cinco graus (45°)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

A diferença de angulação do reforço estrutural possibilitou a verificação de qual posição em que o reforço se encontra apresentou resultado mais satisfatório. Finalizado o reforço estrutural, respeitou-se o tempo de secagem do adesivo epóxi. Após 48 horas, as vigas de concreto armado foram submetidas ao ensaio de flexão, possibilitando a análise da viga ao esforço de cisalhamento.

Na realização deste ensaio, a velocidade de aplicação da carga foi lenta. Foram aplicadas tensões que transmitiram uma força cortante à seção transversal das vigas. Essa força foi elevada progressivamente, até que ocorreu a ruptura das vigas de concreto armado.

Os corpos de prova foram rompidos no ensaio à compressão axial com 28 dias, o que possibilitou a verificação do fck alcançado pelo concreto após o processo de cura. Este ensaio foi realizado de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5739: 2007 e foi feito por meio da Prensa EMIC® DL 20000.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo executivo constatou-se que o reforço estrutural com PRFC é prático, pois foi de fácil preparo e aplicação. Ainda, confirmou-se a ressalva de Carneiro (2006), que diz que o sucesso desta técnica pode ser atribuído à alta qualidade dos adesivos epóxis, aliada à sua simplicidade, economia e eficiência de aplicação.

Diante dos ensaios realizados, tornou-se possível fazer a verificação da resistência do concreto alcançada aos 28 dias e a análise do desempenho do laminado de fibras de carbono como reforço estrutural. Foi possível também a realização de um comparativo entre os resultados obtidos pelas vigas-modelo (sem reforço estrutural) e pelas vigas reforçadas em diferentes posições.

Através da equação 1, calculou-se o desvio padrão, que é um parâmetro

estatístico utilizado para apontar a variação de resultados. Para o cálculo, foram empregados os valores médios de resistência obtidos por cada grupo de viga.

$$\mathrm{DP} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n}(Xi - \bar{X})^2\right)/(N-1)}$$

EQUAÇÃO 1

Onde: $\bar{X}$: média aritmética da série
n: tamanho da população
Xi: valor individual
DP: desvio padrão

O ensaio de compressão axial, conforme ilustrado na Figura 5, nos possibilitou encontrar os valores de resistência à compressão axial aos 28 dias, como pode ser visto no Quadro 2.

FIGURA 5. Ensaio de compressão axial nos corpos de prova

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

QUADRO 2. Resistência a compressão dos corpos de prova aos 28 dias

Corpo de prova	Resistência (MPa)
Corpo de prova 01	33,1
Corpo de prova 02	33,2
Corpo de prova 03	33,7
Corpo de prova 04	33,4
Desvio Padrão	0,26
Média	33,35

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

De acordo com o Quadro 2, observa-se que a resistência para o concreto aos 28 dias teve um valor médio de 33,35 Mpa, e que o desvio padrão foi baixo, o que indica que os valores desde grupo variaram pouco entre si. O fck estimado era de 25 MPa. Por se tratar de um concreto usinado, tal diferença se deu pela margem de erro que a usina utiliza para garantir que o concreto não apresente uma resistência abaixo do esperado.

Analisaram-se os resultados encontrados no ensaio de flexão das vigas de concreto armado e notou-se que, em conformidade com Ribeiro (2012), os reforços com fibras de carbono nas vigas realmente absorveram as tensões causadas pelos esforços de cisalhamento.

Através do ensaio de flexão nas vigas modelo, que dispunham de armadura completa, observou-se que, conforme esperado, as vigas romperam ao cisalhamento, como pode ser observado na Figura 6.

FIGURA 6. Rompimento da viga modelo ao cisalhamento

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Analisando o desempenho das vigas-modelo, constatou-se que elas atingiram um resultado satisfatório, em que a armadura completa foi solicitada, apresentando uma resistência considerável, como pode ser visto no Quadro 3.

QUADRO 3. Resistência das vigas com armadura completa e sem reforço estrutural

Vigas	Resistência (KN)
Viga 01	38,215
Viga 02	41,065
Desvio Padrão	2,02
Média	39,640

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

De acordo com o Quadro 3, observa-se que o desvio padrão foi de 2,02. Este valor indica que houve uma pequena variação nos valores obtidos.

As vigas com setenta por cento (70%) da armadura transversal e sem reforço estrutural também romperam ao cisalhamento, como mostrado na Figura 7 e na Figura 8.

FIGURA 7. Rompimento da viga modelo
com 70% da armadura transversal ao cisalhamento

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

FIGURA 8. Deformação na viga após o rompimento

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

O ensaio de flexão neste grupo de vigas apresentou uma média de 34,093 KN de resistência, como pode ser visto no Quadro 4.

Essa média, como esperado, apresentou um valor de resistência inferior comparando-se com as vigas de armadura completa. Tal fato ocorre porque a armadura transversal também contribui para uma maior resistência da viga. Ainda,

esse grupo de vigas apresentou um maior valor de desvio padrão em relação aos outros grupos de viga. Salienta-se que essa variação se deu devido à baixa resistência da viga 3, que pode ter sido ocasionada por alguma falha na concretagem dessa viga, o que prejudicou seu desempenho.

Quadro 4. Resistência das vigas
com setenta por cento (70%) da armadura e sem reforço estrutural

Vigas	**Resistência (KN)**
Viga 1	36,976
Viga 2	36,550
Viga 3	28,754
Desvio Padrão	4,62
Média	34,093

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Em conformidade com o rompimento das vigas anteriores, as vigas com setenta por cento (70%) da armadura, que foram reforçadas com o laminado de carbono a noventa graus (90°), também se romperam ao cisalhamento, porém houve o desprendimento de algumas placas do laminado de carbono, como ilustrado na Figura 9 e Figura 10.

De acordo com as Figura 9 e 10, observa-se que o laminado de carbono utilizado como reforço estrutural se desprendeu da viga de concreto armado ao ser solicitado pelo esforço cortante. Posteriormente ao desprendimento do laminado de carbono, as vigas se romperam. Tal verificação está em consonância com Ribeiro, Da Silva e Santos (2013), pois o descolamento da camada de reforço pode ter se dado devido ao fato de as tensões de cisalhamento que atuaram na interface concreto-reforço serem superiores à capacidade de aderência da resina epóxi utilizada na colagem.

Figura 9. Desprendimento das placas de laminado de carbono após o rompimento

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

FIGURA 10. Placas de laminado de carbono totalmente desprendidas

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

Para a resistência das vigas reforçadas a noventa graus (90°), foram obtidos os valores que podem ser analisados no Quadro 5.

QUADRO 5. Resistência das vigas com setenta por cento (70%) da armadura e com reforço estrutural a noventa graus (90°)

Vigas	Resistência (KN)
Viga 1	39,106
Viga 2	37,998
Viga 3	46,050
Desvio Padrão	4,3
Média	41,051

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Conforme observado no Quadro 5, a média obtida para as vigas com este tipo de reforço foi superior à média obtida para as vigas com setenta por cento (70%) da armadura sem reforço estrutural. Ressalta-se que os valores obtidos para as vigas 1 e 2 foram valores próximos que possivelmente não alcançaram uma resistência maior devido ao desprendimento das placas de reforço. Já na viga 3 observa-se que ela atingiu uma maior resistência. Em concordância com Machado (2002), que alerta ser necessário fazer uma limpeza da área garantindo a ausência de qualquer material que prejudique a aderência entre a placa de reforço e a viga, presumiu-se que a alta resistência da viga 3 se deu devido a uma melhor aderência entre o reforço e a superfície de contato da viga. Essa situação influencia no valor do desvio padrão, indicando uma dispersão entre os valores.

Já analisando as vigas reforçadas a quarenta e cinco graus (45°), observa-se que elas romperam ao cisalhamento, contornando o laminado de carbono, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11. Rompimento da viga com reforço a quarenta e cinco graus (45°)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

O rompimento contornando as placas de reforço deu-se devido à resistência superior do reforço estrutural em relação à viga, de tal forma que a parte da viga que estava sem reforço foi comprometida, causando o seu rompimento. Mediante esse resultado, entende-se que, se o reforço tivesse sido colocado sem espaçamento entre as placas, a resistência teria alcançado maiores resultados. No Quadro 6, observam-se os valores encontrados para a resistência das vigas reforçadas a quarenta e cinco graus (45°).

Quadro 6. Resistência das vigas com setenta por cento (70%)
da armadura e com reforço estrutural a quarenta e cinco (45°)

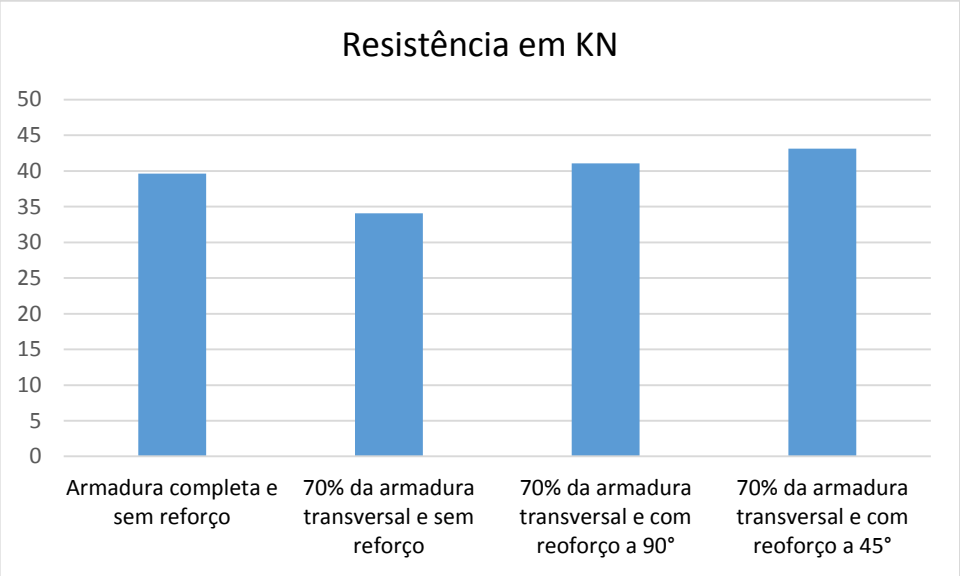
Vigas	**Resistência (KN)**
Viga 1	44,772
Viga 2	40,086
Viga 3	44,516
Desvio Padrão	2,634
Média	43,124

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

De acordo com os resultados, nota-se que o reforço estrutural com o laminado de carbono a quarenta e cinco graus (45°) foi o mais eficiente, pois apresentou uma resistência média superior a todos os outros ensaios. Ainda, nota-se que o desvio padrão encontrado não aponta uma grande dispersão entre os valores.

De posse de todos os resultados, foram dispostos os valores em forma de gráfico para melhor assimilação dos resultados obtidos, como pode ser visto no gráfico 1.

Gráfico 1. Resistência das vigas ensaiadas



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2017

Analisando o gráfico 1, torna-se nítida a diferença de resistência que cada grupo de vigas obteve. As vigas com setenta por cento (70%) da armadura transversal reforçadas a quarenta e cinco graus (45°) tiveram a maior resistência, seguidas das vigas com setenta por cento (70%) da armadura transversal e reforçadas a noventa graus (90°). Logo após vieram as vigas com armadura completa e, por último, as vigas com setenta por cento (70%) da armadura transversal e sem reforço. Os resultados atingiram os valores esperados.

5. CONCLUSÃO

Mediante os resultados expostos, pode-se dizer que os objetivos deste trabalho foram alcançados, uma vez que a análise da resistência ao cisalhamento de vigas de concreto armado, submetidas a reforço estrutural com Polímero Reforçado com Fibras de Carbono, foi satisfatória. Analisou-se também que o reforço posicionado a quarenta e cinco graus (45°) foi mais eficiente que na posição de noventa graus (90°), já que não houve o desprendimento de placas resultando em uma maior resistência. Ainda, conclui-se que a utilização do laminado de fibras de carbono como reforço ao cisalhamento é viável e prática, dado que o processo executivo é feito de forma simples, rápida e repercute em bons resultados.

Ressalta-se que, em todos os ensaios realizados nas vigas de concreto armado que foram submetidas ao reforço estrutural com o laminado de carbono, as vigas se romperam ou contornando o reforço estrutural, ou com o descolamento das placas. Diante disso, verifica-se que as placas de laminado de carbono não foram danificadas, e que, portanto, não foram solicitadas ao seu limite.

Dessa forma, sugere-se para a continuação desta pesquisa a utilização do reforço estrutural com laminado de carbono sem espaçamento entre as placas, evitando-se assim que os esforços solicitantes contornem o reforço e verificando-se o aumento da resistência neste caso. Sugere-se ainda que sejam moldadas vigas utilizando-se apenas cinquenta por cento (50%) da armadura transversal, para evidenciar a eficiência do reforço em vigas com um déficit de armadura transversal ainda maior.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenadoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) pelo incentivo no desenvolvimento da pesquisa e ao Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção da mesma instituição pelo auxílio durante a realização dos ensaios experimentais

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. G. M. *Reforço de vigas de concreto armado por meio de cabos externos protendidos.* 2001. 201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2001.

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

_____. *NBR 5738:* Concreto-procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro. 2003.

_____. *NBR 5739:* Concreto-Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos. Rio de Janeiro. 2007.

AZEVEDO, M. T. "Patologia das estruturas de concreto", in: ISAIA, G. C. (ed.). *Concreto*: ciência e tecnologia. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2011, v. 2, p. 1095-1128.

BEBER, A. J. *Comportamento Estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com com-*

pósitos de fibras de carbono. 2003. 317 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

CALLISTER, William D. *Ciência e Engenharia de Materiais*: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CARNEIRO, R. J. F. M. *Análise de vigas protendidas de pontes reforçadas à flexão com polímeros estruturados com fibras de carbono submetidas a carregamentos estático e cíclico.* 2006. 360 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) –Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

FURLAN, J. R. S. *Vigas de concreto com taxas reduzidas de armadura de cisalhamento:* influência do emprego de fibras curtas e de protensão. 1995. 373 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 1995.

HABITZREUTER, L; ROSS, H. L. S.; SANTOS, G. M. S. *Análise da eficiência do reforço estrutural com fibra de carbono em pilares curtos.* 2013. 62. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

MACHADO, A. P. *Manual de reforço das estruturas de concreto armado com fibras de carbono.* São Paulo: Viapol, 2002. Disponível em: <http://www.viapol.com.br/media/97576/manual-fibra-de-carbono.pdf>. Acesso em: 21 de abr. de 2017.

OLIVEIRA, D. F. *Levantamento de causas de patologias na construção civil*. 2013. 107 f. Projeto (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

REIS, L. S. N. *Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado*. 2001. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001.

RIBEIRO, T. A. S. *Análise da ligação com filme termo-ativado ou formulação epóxi do reforço à flexão de PRFC em vigas de concreto armado com variação de temperatura utilizando confiabilidade estrutural.* 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2012.

RIBEIRO, T. A. S.; DA SILVA, T. J.; SANTOS, A. C. *Descolamento de reforço de PRFC aderido por formulação epóxi e filme termo-ativo fenólico em vigas de concreto armado.* 2013.16 f. Instituto Brasileiro de Concreto. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305720560_descolamento_de_reforco_de_prfc_aderido_por_formulacao_epoxi_e_filme_termo-ativo_fenolico_em_vigas_de_concreto_armado>. Acesso em: 21 de jan. de 2017.

ROMERO, D. V. S. *Reforço à flexão de vigas de concreto armado por meio de protensão externa*. 106 p. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, E. W. F. *Reforço de vigas de concreto armado à flexão por encamisamento parcial.* 2006. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.* São Paulo: PINI, 1998.

TIMERMAN, Julio. "Reabilitação e reforço de estruturas de concreto", in: *Concreto*: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Ibracon, 2011, v. 2.

ZUCCHI, F. L. *Técnicas para o reforço de elementos estruturais.* 2015. 50 f. Projeto (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.

Revista Perquirere • 15(3):40-54, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Viabilidade do uso de areia de praia aplicada em argamassas de revestimento

Viability of the use of beach sand applied to coating mortar

Gabriel Almeida Silva
Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: consultormktativo@hotmail.com

Rogério Borges Vieira
Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: rogeriobv@unipam.edu.br

Douglas Ribeiro Oliveira
Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: douglasro@unipam.edu.br

RESUMO: Este trabalho busca solução para minimizar a falta de agregado miúdo na construção civil, pesquisando a utilização de areia marinha em argamassas, pois é conhecida a sua abundância em areias litorâneas brasileiras. O trabalho se atém a testes físicos realizados em laboratório, mostrando que suas características físicas, como densidade, teor de impurezas orgânicas, argila, materiais friáveis e material pulverulentos são comparáveis às das areias de rio, as quais vêm se esgotando nas jazidas devido ao crescimento das construções. Foram realizados amassamentos de argamassas, com os dois tipos de areia estudados, areia marinha e areia de rio, nos traços 1:5; 1:7 e 1:9. Para avaliação destas foram confeccionadas pequenas paredes de 60 x 70 cm. Observou-se que a areia marinha pode vir a substituir as areias de rios, porém, demanda uso de aditivos retentores de água e/ou finos para aumentar a trabalhabilidade da mistura.
PALAVRA-CHAVE: Argamassas. Areia Marinha. Revestimento.

ABSTRACT: This work aims for a solution to minimize the lack of fine aggregate in civil construction, studying the use of marine sand in mortars, because it is known its abundance in Brazilian coastal sands. The work follows the physical tests performed in the laboratory, showing that its physical characteristics, such as specific gravity, organic impurities, clay, friable materials and pulverulent material contents, are comparable to those of the river sands, which have been depleted in the deposits due to growth of the civil construction. Mortars mixtures were done, with the two types of sand studied, marine sand and river sand, in the volumetric composition of 1: 5; 1: 7 and 1: 9. For the evaluation of these mortars were made the coating of small walls of 60 x 70 cm. It was observed that the

marine sand can replace the river sands, but it demands the use of water retentive chemical admixtures and fines to increase the workability of the mixture.
KEYWORDS: Mortar. Marine Sand. Mortar Coatings.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo tem o objetivo de mostrar a viabilidade do uso da areia de praia na construção civil, uma vez que as areias de rios estão cada vez mais escassas, devido ao grande crescimento que vem tendo a construção civil nos últimos anos. Há muito tempo, grande parte das construções tem utilizado, como revestimento interno e externo, argamassa à base de cimento e cal. Por ser um agregado essencial na composição da argamassa e do concreto, é necessário estudar alternativas viáveis que possam suprir a crescente demanda. Além das areias de praias, alternativas são areias de cava, areias de britagem de rocha ou seixos e areias de escoria de alto forno, sendo esta última já utilizada na fabricação do cimento.

Segundo Isaia (2011), pode-se definir areia como um agregado natural, geologicamente como um sedimento de grãos, em geral quartzosos, com diâmetro limite não ultrapassando 2mm. Para a areia ser considerada material de construção, seus grãos têm de ser formados de materiais consistentes, não necessariamente quartzosos.

Isaia (2011) cita que os depósitos com predominância de agregado miúdo, chamados de areia, ocorrem majoritariamente no leito dos rios, geralmente nas curvas, mas também podem ser localizadas nas camadas superiores. O autor cita ainda que nas jazidas chamadas cascalheiras ocorrem porcentagem maior de pedregulhos e seixos, que são comumente denominados cascalhos, sendo que os pedregulhos e principalmente os seixos já têm sido utilizados como matéria-prima para produção de areia (VIVES, 2013)

A exploração de dunas, canais e planície de inundação de rios, visando à extração de areias para utilização como agregados na construção civil, vem sendo realizada há bastante tempo nas regiões metropolitanas do Brasil, ocasionando tanto a exaustão desses bens minerais nas proximidades dos grandes centros urbanos quanto sérios problemas ambientais (CAVALCANTI, FREIRE; 2007)

Os principais problemas da extração de areia nos leitos de rio é a degradação da mata ciliar; a alteração dos cursos dos rios e o seu assoreamento causado pela deposição de solo no fundo do rio pela ausência da mata ciliar para segurar o solo das margens; a compactação do solo causada pela retirada da mata e o trânsito de máquinas; a erosão do solo, já que este foi degradado e desprotegido com a retirada das árvores; e a fuga da fauna como consequência do barulho e movimentação no local (SILVA, 2011).

O impacto maior é a perda de identificação local devido à degradação que causa a extração da areia em leito de rios. Por outro lado, as mineradoras tentam

mostrar que podem trazer efeitos socioeconômicos positivos, como geração de empregos e renda para os municípios.

Com o projeto do governo federal, o PAC (Programa de Aceleração de Crescimento), o consumo de areia teve um crescimento muito grande deixando as mineradoras em ritmo acelerado e muitas vezes em falta do material próximo aos grandes centros, onde estão sendo realizadas as obras. Com este problema, as areias utilizadas nas construções tiveram que ser transportadas de localidade mais distantes, elevando os custos devido ao transporte, com influência direta no custo da construção (FRIEDMAN, 2013)

Cita-se como exemplo a cidade de Vila Velha-ES, que apresenta escassez de agregados miúdos (como São Paulo e Rio de Janeiro) e ainda assim vem mantendo alto número de empreendimentos imobiliários, cerca de 59% do total de unidades em produção na região da Grande Vitória-ES, com expectativa de que o setor cresça 30% em 2017 (ESPÍRITO SANTO, 2016).

Vila Velha é um município brasileiro do estado do Espírito Santo, localizado na microrregião de Vitória, na mesorregião central espírito-santense. Pertence à região metropolitana de Vitória e está situada a 12 quilômetros ao sul da capital do estado. Segundo o IBGE (2016), sua população estimada é de 479.669 habitantes.

O município conta com 14,5 km de faixas costeiras, dentre as quais uma parcela poderia servir à extração de areia intencionando a utilização na construção civil. Essas faixas são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP), de acordo com a Resolução CONAMA 303 (CONAMA, 2002), mas é previsto na seção II da Resolução CONAMA 369, de 2006, que a extração de bens minerais em APP pode ser licenciada mediante estudos de impacto ambiental (EIA) e justificativa da necessidade de extrair tais substâncias perante a inexistência de alternativas técnicas e locacionais (CONAMA, 2006).

2. OBJETIVOS

Este trabalho busca estudar um depósito de areias marinho para utilização como agregado na construção civil na região sudeste do Brasil, mais precisamente na região metropolitana de Vila Velha, no estado do Espírito Santo (ES), e avaliar as propriedades de argamassas de revestimento produzidas com substituição total da areia de rios pela areia marinha.

Almeja-se determinar a aplicabilidade do material avaliando comparativamente as duas argamassas do ponto de vista técnico e normativo.

Os objetivos específicos são: caracterizar fisicamente as areias conforme as normas brasileiras de agregados vigentes, efetuando ensaios de massa específica, massa unitária, teor de impurezas orgânicas, teor de argila em torrões e materiais friáveis, materiais pulverulentos, composição granulométrica, e inchamento; e produzir três dosagens de argamassas (1:5, 1:7, 1:9) para revestimento de alvenarias com cada areia comparativa, mensurando as propriedades físicas e o comportamento dessas argamassas no estado fresco.

3. JUSTIFICATIVA

Com o crescimento da indústria da construção civil, percebeu-se a deficiência do setor areeiro em suprir a demanda do agregado miúdo principalmente nos grandes centros urbanos e nas grandes obras de infraestrutura do país. Diante da necessidade, outros materiais vêm substituindo as areias de rios, dentre os quais podem-se citar a areia de brita, a areia de escoria de alto forno, oriundo de usinas siderúrgica, a areia de cava e as areias de cominuição de seixos rolados. Já existem estudos sobre a utilização de areias de praias e depósitos marinhos.

O estudo e o emprego das areias marinhas na área de construção civil, principalmente no setor de revestimentos, podem ter efeitos benéficos do ponto de vista macroeconômico e ambiental. Os benefícios econômicos se darão pela introdução de grandes jazidas desse agregado miúdo com consequente redução dos preços. Do ponto de vista ambiental, podem-se reduzir sobremaneira os impactos e passivos causados aos leitos dos rios, às suas margens e às áreas de preservação do entorno. Mesmo com o impacto causado com a extração da areia, ainda sim ela se mostra menos devastadora, tendo em vista que a extração no leito de rio devasta a fauna e flora.

A utilização de areias marinhas tende a se tornar uma opção mais barata em substituição aos depósitos de areia de rios em exploração, tendo por base que o principal componente no preço do agregado é o transporte, e a extração da areia marinha se dará mais próxima aos grandes centros urbanos litorâneos, como Vila Velha, Salvador, Recife, entre outros. No entanto, não se está falando de uso deste agregado em curto prazo, e sim, de um estudo futuro. A investigação da areia de praia como agregado miúdo utilizado em revestimentos é necessária pela ausência de literatura específica sobre o assunto, devido principalmente à propagação de ideias contrárias ao emprego dessas areias em concretos e estruturas. A não utilização em concretos se justifica não só pela ação dos cloretos, como pela elevada finura dessas areias, resultando em alta demanda de água, alta porosidade do concreto e aceleração dos ataques de cloretos em contato com as armaduras. Entretanto, em argamassas a finura da areia de praia é adequada para garantir trabalhabilidade das misturas, e existem muito poucos estudos em que se nota que a principal influência dos cloretos é sobre o tempo de pega do cimento utilizado.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. AREIAS

Segundo Bauer (2000), pode-se definir areia, geologicamente, como um sedimento clássico inconsolidado de grãos, em geral quartzosos, de diâmetro entre 0,06 e 2 mm, classificado como agregado miúdo. A areia como material de construção precisa ter grãos formados de material consistente, não necessariamente quartzoso, afirma Bauer (2000).

Os diâmetros limites adotados para classificar um agregado como areia variam conforme o ponto de vista em que se encara a questão. Os grãos finos das areias de praia nascem do desmanche de rochas próximas. É o mesmo processo que forma as areias de rios, dunas e lagos. Esse processo demora milhões de anos, e os grãos são levados através do vento e dos rios até a deposição nas praias. O tipo de rocha é que vai determinar o tipo de areia, composta principalmente do quartzo, mineral que vem do granito, um dos tipos de rochas mais abundantes que são encontrados na costa brasileira (TARSO, 2011)

A origem da rocha vai determinar a cor e o diâmetro da areia e, portanto, sua classificação, dentre elas:

- Areia negra: 0,25 a 0,5 mm de diâmetro, seu componente principal é a mica.
- Areia branca: 1 a 2 mm de diâmetro, seu componente principal é o quartzo.
- Areia mesclada: 0,12 a 0,25 mm de diâmetro, seu componente é o silício.

4.1.1. Fontes de extração

As areias como materiais de construção podem ser providas por diversas fontes, como o leito de rios, as praias e dunas, cavas em plataformas continentais, por britagem de rochas, ou ainda como escória resultante da produção de ligas metálicas em alto forno.

Areias de rio vêm de depósitos sedimentares acumulados na calha dos cursos de águas superficiais. A extração se faz por dragas de sucção, contendo cerca de 5 a 10% de areia, para lagoas de decantação, de onde o material é retirado (TARSO, 2011).

As areias de praias e dunas são oriundas de intemperismo oceânico ou eólico e não são utilizadas normalmente como material de construção por sua granulometria ser de grande finura e altos teores de cloreto de sódio. O mesmo ocorre com as areias de dunas do litoral (TARSO, 2011)

Longe de cursos de água e do litoral são comuns areias extraídas de cava e de britagem de rocha. As cavas são depósitos aluvionares em fundos de vales cobertos por capa de solo nos quais a areia é extraída por escavação mecânica ou por desmonte hidráulico. Areias de britagem são, por sua vez, obtidas no processo de classificação a seco nas pedreiras produtoras de brita (TARSO, 2011).

Existem ainda areias provenientes da separação e das classificações de escórias de Alto Forno. A escória é resfriada bruscamente por jato de água, fragmentando-se em grãos em geral inferiores a 12,7 mm, cominuídos e separados por peneiras. A composição química da escória difere muito da das rochas e varia ainda conforme a composição da carga do alto-forno (TARSO, 2011)

4.1.2. Consumo de areia

A quantidade de areia consumida anualmente na construção civil brasileira é da ordem de 320 milhões de m³ e provém em sua maior parte dos leitos de rios, fazendo com que a calha natural dos cursos de água seja agredida, levando a um

aumento da vazão de água e acelerando o ritmo de erosão das margens. A retirada da cobertura vegetal também descaracteriza essas áreas e deixa o solo estéril (MENOSSI, 2004).

4.2. AREIA DE PRAIA

A areia de praia é proveniente da desagregação de rocha e de minerais de ocorrência litorânea, e tem dimensões entre 64 micrometros e 2 milímetros. Normalmente não é utilizada em concreto, devido à presença de cloretos que facilitam a despassivação da armadura e sua posterior corrosão.

Segundo Young e Griffith (2009), foram documentadas áreas de mineração da areia de praia em 35 países e 6 continentes, normalmente para uso em concretos e na construção civil em geral, sendo a maioria das atividades de mineração de caráter local. Os autores afirmam ainda que a extensão e o impacto dessas atividades não têm sido noticiados por trabalhos acadêmicos, e que sem regulamentação, a mineração dessa areia tem levado à completa destruição de praias com impacto na proteção costeira e no turismo.

Popovics (1968) relatou o uso de areia de praia e conchas como agregados miúdos e graúdos respectivamente, em concreto. Segundo o autor pode-se produzir concretos para certas utilizações, usando-se a areia de praia e conchas, ainda que estes não apresentem os requisitos de agregados comuns como a distribuição granulométrica, o formato das partículas e perdas por abrasão. Uma trabalhabilidade adequada foi obtida utilizando 40% de areia de praia e 60% de conchas cominuídas, e o concreto atingiu resistência à compressão de 17 MPa, podendo ser utilizado em muros de contenção, estruturas de fundação, bases de pavimentos e concreto massa, desde que não utilizada armadura nos elementos.

Limeira *et. al* (2011) produziram concretos com substituições em massa da areia de britagem de rocha calcária por areia marinha extraída no porto de Barcelona entre teores de 15 e 50%. O estudo demonstrou que a areia marinha pode ser utilizada como agregado miúdo devido às propriedades físico-mecânicas similares ao concreto de referência. A substituição por areia marinha manteve ou reduziu a quantidade de poros, a absorção e a penetração de água sob pressão dos concretos produzidos.

Al-Harthy (2007) conduziu estudos fazendo substituições parciais da areia convencional por areia de dunas em concretos de no mínimo 40 MPa. Os resultados indicaram aumento da trabalhabilidade para substituições de até 50%, contudo, para teores acima de 50%, o comportamento foi oposto. Os valores de resistência diminuíram com o aumento dos teores de areia de duna, com redução de no máximo 25% da resistência à compressão para o concreto com substituição total da areia convencional. Os valores de absorção, segundo o autor, foram em geral tão maiores quanto maior foi o teor da areia de duna.

4.3. ARGAMASSA

Segundo ABNT NBR 13529 (2013), a argamassa é uma mistura homogênea

composta basicamente por cimento, areia, cal hidratada, podendo também utilizar outros materiais em sua composição como o saibro, o barro e o caulim. As argamassas têm como principais aplicações o assentamento de tijolos, blocos, azulejos, cerâmicas, tacos, ladrilhos, revestimento de paredes, pisos e tetos, impermeabilização etc.

A argamassa de revestimento, por sua vez, é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos químicos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria.

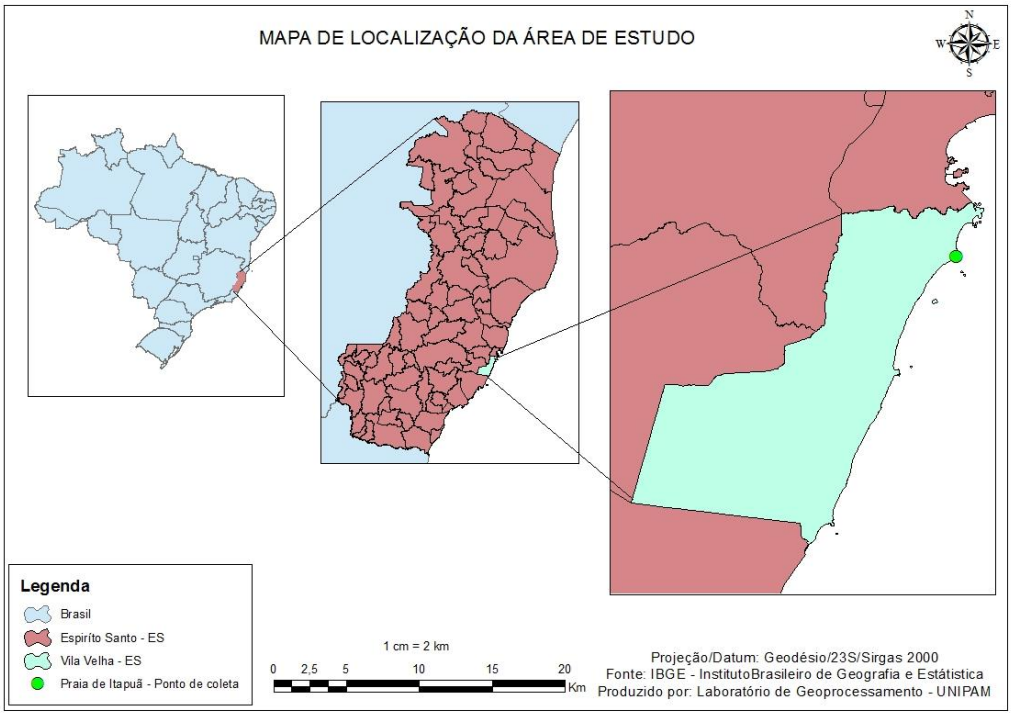
5. METODOLOGIA

Neste item segue a descrição dos procedimentos metodológicos adotados no presente estudo.

5.1. EXTRAÇÃO E AMOSTRAGEM

A amostragem da areia ocorreu na praia de Itapuã, município de Vila Velha-ES, conforme ilustrado na figura 1.

FIGURA 1. Localização da área de estudo



Fonte: IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
produzido por laboratório de Geoprocessamento - UNIPAM

A amostragem do material a ser estudado foi realizada na praia de Itapuã, município de Vila Velha-ES. Foi traçada malha de 20 x 500 m, com divisões a cada 20 m, na qual cada vértice representou um ponto de coleta de areia. De cada ponto de coleta foi retirado um volume de 500 ml de areia nunca ultrapassando profundidade de 0,20 m.

Após a coleta do material, foi efetuado quarteamento de acordo com o método B da ABNT NBR NM 27 (2016). Foi utilizada pá côncava e reta, colher de pedreiro, vassoura e encerado de lona medindo aproximadamente 2,0 m x 2,5 m. Após completa homogeneização e quarteamento, foram separadas amostras para ensaios químicos, físicos e confecção das argamassas, como exposto a seguir.

5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS AREIAS

Os ensaios de caracterização física foram realizados no laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção, do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

O ensaio de massa unitária das areias teve como base a norma ABNT NBR NM 45, utilizando recipiente de forma cilíndrica e volume padrão. Foram seguidas orientações do método C da referida norma, caracterizando a massa unitária dos materiais no estado seco e solto. A massa específica, por sua vez, foi determinada conforme ABNT NBR NM 52.

O teor de impurezas orgânicas foi avaliado conforme ABNT NBR NM 49, através da comparação colorimétrica de uma substância padrão com a solução de hidróxido de sódio determinada em norma após o ataque ao agregado. O teor de argilas em torrões e materiais friáveis seguiu a ABNT NBR 7218, e o teor de materiais pulverulentos (finos menores que 0,075 mm) foi mensurado conforme método da ABNT NBR NM 46

A composição granulométrica das areias foi determinada de acordo com o procedimento da ABNT NBR NM 243, utilizando-se jogo de peneiras de série normal e intermediária, presentes no laboratório. O ensaio de inchamento de agregado miúdo seguiu o preconizado pela ABNT NBR 6467, variando-se o teor de umidade das areias e determinando-se as massas unitárias no estado solto, de modo a estabelecer a curva de inchamento volumétrico.

5.3. CONFECÇÃO DAS ARGAMASSAS E ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

As argamassas com todas as areias foram confeccionadas a partir de três traços volumétricos pré-determinados - 1:5, 1:7, 1:9, e a quantidade de água utilizada para o amassamento será mensurada de modo que todas as argamassas apresentem índice de consistência de 280 mm ou superior, típico de argamassas para reboco. Foram adotados os traços 1:5; 1:7; 1:9, de modo a reproduzir traços ricos, médios e pobres empregues em revestimento. O método de mistura em argamassadeira e a determinação do índice de consistência seguiram recomendações da ABNT NBR 13276.

5.4. EXECUÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO REVESTIMENTO

A execução do revestimento seguiu as recomendações da ABNT NBR 7200 (1998), respeitando os prazos de cura das camadas anteriores, como o chapisco, a fim de evitar fenômenos patológicos por erros executivos. Foi empregue mão de obra especializada do Centro Universitário de Patos de Minas, sendo três pedreiros de acabamento. O primeiro executou as argamassas 1:5, 1:7 e 1:9 de areia lavada, enquanto os demais executaram, cada um, as argamassas 1:5 ou 1:7 de areia marinha.

Para observação das características, foram confeccionadas paredes de teste com dimensão de 60x75 cm, utilizando-se blocos cerâmicos de 19x29 cm. Os blocos foram assentados com uma argamassa padrão de forma a se ter correta amarração das juntas de argamassa.

Foram confeccionados ao todo cinco paredes de teste, sendo três paredes com areia de rio e traços de 1:5; 1:7; 1:9 preestabelecidos, e duas paredes rebocadas com areia marinha nos traços 1:5 e 1:7. As argamassas para confecção das paredes tiveram a mesma composição das argamassas ensaiadas em laboratório, utilizando-se areia de praia e areia de rio.

6. RESULTADOS

As argamassas foram produzidas com espalhamento de no mínimo 280 mm, que foi definido com ensaio de adensamento, de modo a se ter boa trabalhabilidade, conforme relato de profissional da área, ou seja, pedreiros profissionais. Nota-se, entretanto, na Tabela 1 que a argamassa com areia de praia no traço volumétrico 1:9 teve espalhamento de 150 mm, já que na prática a adição de mais água não levava ao aumento de trabalhabilidade e ocasionava a exsudação, o que não permitiu a execução da alvenaria com argamassa de 1:9 com areia marinha. A exsudação é um fenômeno que pode acarretar desagregação, e ocorre devido ao pequeno poder de retenção de água e coesão, ocasionado pela ausência de finos na argamassa (SILVA, 2007).

Observa-se também que à medida que se aumenta o volume de areia em relação ao volume de cimento, há redução significativa no consumo de cimento para produção de um mesmo volume de argamassa. Para as argamassas com areia marinha, houve redução de até 45% do consumo de cimento do traço 1:9 comparado ao traço 1:5. Já para as argamassas com areia de rio houve redução no consumo de até 40,5%.

Percebe-se também que o aumento da relação m, ou seja, relação agregado/cimento, aumentou a demanda de água para a argamassa com areia de rio, enquanto não houve aumento no consumo de água para a argamassa com areia marinha. Isso pode ser devido ao fato de a distribuição granulométrica da areia de rio ser mais densa, já que com composição mais uniforme há menos superfície específica de material a ser molhada.

TABELA 1. Resultados das argamassas

	Traço	Relação m	água/ cimento	água/ materiais secos	Espalhamento (mm)	Consumo de cimento (kg/m³)
Areia de rio	1:5	7,9	1,793	0,202	299,5	193,1
	1:7	11,0	2,550	0,212	300,4	139,7
	1:9	14,1	3,586	0,237	298,5	106,2
Areia marinha	1:5	7,9	1,793	0,201	280	192,3
	1:7	11,1	2,391	0,198	300	142,3
	1:9	14,2	2,869	0,188	150	114,4

Fonte: Autor (2017)

Os revestimentos da areia de rio, nos traços de 1:5; 1:7; 1:9 aos 7 dias, expostas ao tempo na área externa do Centro Educacional de Patos de Minas, onde foram observadas periodicamente, não apresentaram nenhuma incidência patológica aparente. A argamassa com areia de praia no traço de 1:5 também não apresentou nenhum vício aparente, porém, com traço 1:7 apresentou desagregação de areia e descolamento do revestimento.

Segundo Bellaver (2016), um fator que interfere no comportamento do revestimento, quando se refere ao mecanismo de aderência, é a forma de lançamento da argamassa.

A exsudação é outro fenômeno que pode acarretar desagregação, haja vista que as argamassas sem finos, tal como a argamassa com areia marinha em questão, têm pequeno poder de retenção de água, o que exige uma frequente homogeneização da argamassa e pode vir a interferir na capacidade de adesão quando lançada contra a base (SILVA, 2007).

Com 30 dias, foi possível observar manchas por umidade devido à capilaridade nas paredes revestidas com areia marinha nos traços 1:5 e 1:7, com aproximadamente 6 cm e 15 cm respectivamente, que podem ser observadas na Figura 2 (na página seguinte).

Também foi observada trinca na parede revestida com areia marinha no traço 1:7, com abertura de 0,8 mm. De acordo com Vadstrup (2008), as fissuras superficiais que apareceram nas alvenarias podem ter sido consequência de uma deficiência na aplicação. Também, segundo o autor, a aplicação da argamassa em superfície muito seca e quente também pode causar fissuras superficiais, caso em que se encontravam expostas as paredes em estudos

Segundo Souza (2008), a chuva é um dos fatores mais comuns para que haja infiltração por capilaridade. Esse fenômeno não quer dizer que se trata de um defeito, mas pode causar manifestações patológicas como eflorescências, manchas, deslocamento de cerâmica, dentre outras. Porém, segundo Paranhos, Vechia e Beltrame (2008), esse fenômeno de capilaridade se dá devido à atração onde o contato do líquido com o sólido sobe pelos tubos capilares.

FIGURA 2. Altura de mancha por umidade

Fonte: Autor (2017)

Segundo Magalhães (2004), podem aparecer fissuras disseminadas e isoladas, assim como ocorridas na argamassa com areia marinha.

FIGURA 3. Fissura na argamassa com areia marinha

Fonte: autores (2017)

De acordo com a ABNT NBR 9575:2010, classificam-se as trincas, fissuras e microfissuras de acordo com a Tabela 2

TABELA 2. Classificação de fissuras por abertura

	Trincas	**Fissuras**	**Microfissuras**
Abertura em (mm)	>0,5mm e <1,00mm	≤0,5mm	≤0,05mm

Fonte: ABNT NBR 9575 (ABNT, 2010)

6. CONCLUSÃO

Percebeu-se no amassamento das argamassas a baixa trabalhabilidade das argamassas com areia marinha e a exsudação ocorrida no traço volumétrico 1:9, devido à granulometria uniforme da areia.

No traço 1:5 a areia marinha ainda detinha condições de ser lançada sobre a alvenaria, entretanto, no traço 1:7, que já apresentava sinais de exsudação, houve dificuldade por parte da mão de obra para aplicação, já que esta não tinha adesão ao substrato e se desagregava do revestimento.

Foi observado nos traços que o aumento do consumo de agregado leva ao aumento do consumo de água para manter a mesma consistência. No estado endurecido, as argamassas com areia marinha apresentaram ascensão capilar, quando expostas às mesmas condições climáticas que a areia de rio. A ascensão é devido à maior finura da areia marinha em relação à areia de rio, o que ocasiona maior número de capilares que atraem a água.

Todas as argamassas, com exceção do traço 1:7 com areia marinha, apresentaram bom comportamento frente às solicitações climáticas, não tendo ocorrido manifestações patológicas como fissuração mapeada, descolamento e eflorescências. Concluiu-se, além do exposto acima, que a areia marinha, para ser utilizada como agregado na produção de argamassas, deve ser combinada com aditivos ou adições que possibilitem maior coesão e melhor trabalhabilidade da mistura.

Sugere-se para estudos futuros a adição de aditivos retentores de água na argamassa com areia marinha, a avaliação da influência dos sais na cura da argamassa e a dosagem de argamassas com adições finas como filitos, fíleres e cales.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HARTHY, A. S; HALIM, M. A; TAHA, R; AL-JABRI, K. S. The properties of concrete made with fine dune sand. *Construction and Building Materials*, 21(8):1803-1808, 2007.

ARGAMASSA. Portal do concreto. Disponível em: <portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/massa.html>. Acesso em: 27 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7218:* Agregados - Determinação do teor de argila em truões e materiais friáveis-Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.

_____. *NBR 9775:* Determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco de Chapman- Método de ensaio. Rio de janeiro, 1996.

_____. *NBR 7200:* Execução de revestimento de paredes e teto de argamassa inorgânica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.

_____. *NBR NM 27:* Agregados - Redução da amostra de campo para ensaio de laboratório - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

_____. *NBR NM 49:* Agregado miúdo - Determinação de impureza orgânica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

_____. *NBR NM 46:* Agregados - Pulverulência - Determinação do material fino que passa através da peneira de 75 mícrons por lavagem - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR NM 248:* Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR 13276:* Argamassa para assentamento e revestimento de teto e paredes - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____. *NBR 6467:* Agregados - determinação do inchamento dos agregados miúdos - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

_____. *NBR NM 45*: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

_____. *NBR NM 52:* Agregado miúdo - Determinação de massa especifica e massa específica aparente - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

_____. *NBR 13528*: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13529:* Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2013.

BAUER, L. A. Falcão. *Materiais de construção.* 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BELLAVER, Gustavo Bridi. *Falta de aderência entre o revestimento argamassado e substrato de alvenaria:* influência do tipo de argamassa, espessura e técnica utilizada. 2016. TCC em Engenharia. Porto Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CAVALCANTI, V. M. M.; FREIRE, G. S. S. A possibilidade de utilização de areias marinhas como agregado na construção civil na região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. *Gravel*, Porto Alegre, 5(2007): 11-24.

CONAMA. *Resolução 303* - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em: 17 fev. 2017.

CONAMA. *Resolução 369* - Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 17 fev. 2017

ESPÍRITO SANTO. Sindicato da indústria da construção civil. *30º Censo Imobiliário*. Espírito Santo, 2016. Disponível em: <http://www.sinduscon-es.com.br/v2/upload/7122016093154_Apresentacao_Censo_JUNHO_2016%20%20Versao%20Imprensa%20%20Sem%20Apresentacao%20Entraves.pdf>. Acesso em: 31 de janeiro de 2017.

FRIEDMAN, Milton. "Se o governo não administrar, em 5 anos faltará areia". *Revista Areia e Brita*, ano 19, ed. 66, p. 3, 2016.

ISAIA, G.C. *Concreto e Tecnologia.* São Paulo: IBRACON, 2011.

LIMEIRA, J; ETXEBERRIA, M; AGULLÓ, L; MOLINA, D. Mechanical and durability properties of concrete made with dredged marine sand. *Construction and Building Materials*. 25(11): 4165-4174, 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061811001930>. Acesso em: 03 mar. 2017.

MENOSSI, T. Rômulo. *Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto.* São Paulo, UNESP, 2004**.** Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.

MAGALHÃES, Ernani Freitas de. *Fissuras em alvenaria configurações típicas e levantamento de incidências no estado do rio grande do sul.* 2004. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10135/000521582.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2017.

POPOVICS, S. *Reefshell in Portland cement concrete and reef shell-beach sand concrete.* 1968. Disponível em: <https://trid.trb.org/view.aspx?id=98964>. Acesso em: 03 mar. 2017.

PARANHOS, Aline; VECHIA, Daniel; BELTRAME, Milton. ***C**apilaridade:* um fenômeno de superfície com aplicações cotidianas. 2008. Disponível em: <www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC1653_01_O.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2017.

SILVA, Adriano Cavalcanti da. *Impactos ambientais causados pela extração de areia no rio Paraíba, no trecho da cidade de Pilar-PB.* [2011]. Disponível em: <file:///C:/Users/GABRIEL/Downloads/ADRIANO%20CAVALCANTI%20DA%20SILVA%20(4).pdf>. Acesso em: 19 out. 2018.

SILVA, Narciso Gonçalves da. *Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.* 2006. Disponível em: <acervodigital.ufpr.br/bitstream/1884/4660/1/DISSERTA>. Acesso em: 15 jan. 2017.

SOUZA, Marcos Ferreira de. *Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.* 2008. Disponível em: <pos.demc.ufmg.br/.../Patologias Ocasionadas Pela Umidade Nas.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2017.

TARSO, Araujo. *Como se formou a areia da praia.* Disponível em: <mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-se-formou-a-areia-da-praia/>. Acesso em: 01 fev. 2017.

VADSTRUP. S. (org.). *Reparação em alvenaria e reboco***.** 2008. Disponível em: <https://5cidade.files.wordpress.com/2008/05/reparacoes-em-alvenaria-e-rebocos.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2017.

VIVES, Fernando. HP200 - Transformando seixo rolado em areia de alta qualidade. *Revista Areia e Brita*, ed. 59, 2013.

YOUNG, R.; GRIFFITH, A. *Documenting the global impacts of beach sand mining.* EGU General Assembly 2009, 2009. Disponível em: http://meetings.copernicus.org/egu2009. Acesso em: 03 mar. 2017.

Revista Perquirere • 15(3):55-66, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Estudo sobre concretos leves de alto desempenho

Study on Lightweight Concrete of High Resistance

Nathalia Tawany Oliveira do Nascimento
Graduanda do Curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: nathaliatawany.on@gmail.com

Eduardo Pains de Morais
Professor Orientador (UNIPAM). e-mail: eduardopm@unipam.edu.br

---

RESUMO: A utilização do concreto leve na construção civil está se tornando aos poucos cada vez mais usual, e a necessidade de buscar elementos mais leves proporciona o desenvolvimento dessa tecnologia. Deve-se salientar que o concreto leve utiliza, na sua composição, materiais que possuem outras propriedades relevantes, sendo conforto térmico e acústico. A presente pesquisa buscou desenvolver traços de concreto leve de alto desempenho (CLAD), com o intuito de realizar o estudo de suas propriedades mecânicas, através dos ensaios de compressão axial, e a análise do fator de eficiência, que correlaciona a massa com a resistência obtida pela amostra ensaiada. Através dos ensaios realizados verificou-se que a adição de argila expandida com as pérolas de EPS proporcionaram uma redução na resistência mecânica, entretanto, o traço 4 apresentou uma eficiência de aproximadamente 318% em relação ao traço 2, sendo que ambos possuem as mesmas composições, diferenciando-se apenas nas proporções. Já o traço 3, que possui apenas argila expandida em sua composição, também sofreu uma redução de 50,95% em relação ao concreto padrão convencional, porém, apresentou resultado satisfatório quanto à resistência mecânica, pois atende o limite mínimo da Classe de Agressividade Ambiental I (CAA-I) da ABNT NBR 6118 (2014), em que pode ser utilizado para lajes em ambientes rurais.
PALAVRAS-CHAVE: Concretos leves, fator de eficiência, alta resistência

ABSTRACT: The use of lightweight concrete in civil construction is gradually becoming more and more usual, and the need to look for light elements provide the development of this technology. It should be emphasized that lightweight concrete should be used in its composition materials that have other relevant properties, being thermal and acoustic comfort. A research was carried out to evaluate the mechanical properties of the samples by means of the axial compression tests, efficiency factor analysis, which correlates the mass with a resistance obtained by the test sample. By the tests carried out, it was verified that the addition of expanded clay to EPS pearls provided a reduction in mechanical strength. However, trace 4 presented an efficiency of approximately 318% with respect to trace 2, both of which as in their compositions, differentiating only in the proportions. However,

the trace 3, which only has expanded clay in its composition, also suffered a reduction of 50.95% in relation to the conventional standard concrete. However, it presented a satisfactory result considering the mechanical resistance, for it attends the minimum limit of the Classe de Agressividade Ambiental I (CAA-I) of ABNT NBR 6118 (2014), in which can be used for slabs in rural environments.
KEYWORDS: Lightweight Concrete, Efficiency Factor, High Resistance

1. INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil está em constante evolução, em busca de melhorias para as técnicas construtivas já existentes, e no enlaço de novos recursos e métodos que possam otimizar o processo de desenvolvimento, para que assim, seja possível acelerar a produtividade e alavancar o crescimento econômico. Dessa forma, empresas e profissionais da área sentem a necessidade de desenvolver e de se inteirar em relação às novidades disponíveis no mercado, para que seja possível confirmar a qualidade dessas novas técnicas, ou então propor novas melhorias.

Nessa perspectiva, surge o concreto leve com alta resistência, que busca otimizar o concreto de alto desempenho com o concreto leve estrutural. À vista disso, aplicando essa combinação, é possível desenvolver um produto que possa atender às necessidades construtivas atuais de uma forma mais otimizada.

Para tanto, Rossignolo, Paulon e Agnesi (2003) explicitam que o concreto leve de alto desempenho (CLAD) possui um grande potencial econômico de utilização em situações em que o peso próprio tem grande importância nas cargas permanentes da estrutura, como em pontes, e quando existe a necessidade de transportar a estrutura, como estruturas pré-fabricadas e plataformas marítimas.

Rossignolo (2016) ilustra que o concreto leve de alta resistência também pode apresentar maior vida útil, isso devido ao fato de os agregados leves utilizados em sua composição exercerem o papel de um minirreservatório de água dentro do concreto, absorvendo-a durante a mistura e liberando-a durante o endurecimento do concreto, possibilitando, assim, uma melhor cura interna.

Ademais, Rossignolo, Paulon e Agnesi (2003) ressaltam ainda que o CLAD atua como um isolante, e em virtude disso, esse tipo de concreto é ideal para o conforto térmico dos ambientes que apresentam variações térmicas e acústicas, além do conforto acústico, proporcionando também resistência ao fogo, ao gelo e ao degelo.

De acordo com Sussekind (1980), podem-se destacar algumas vantagens do concreto estrutural convencional, como a economia de materiais e investimentos, a facilidade de se adaptar a qualquer tipo de forma, além da facilidade de execução que permite liberdade ao desenvolvimento arquitetônico. Ademais possui resistência aos efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos, além de apresentar baixa necessidade de manutenção associada à grande durabilidade.

Devido a essas vantagens, pode-se destacar o porquê de o concreto armado convencional ser o material estrutural mais utilizado no Brasil nos últimos anos, contudo, ainda de acordo com Sussekind (1980), a grande desvantagem desse tipo de estrutura é o seu elevado peso próprio.

A utilização do concreto leve de alto desempenho se apresenta como uma solução satisfatória para contornar essa desvantagem, podendo trazer benefícios para as nossas construções, principalmente nas estruturas pré-fabricas ou ainda na sua utilização em regiões com solos de baixa resistência. Analogamente, além de reduzir o peso próprio da construção, reduziria também o custo da sua fundação. Podem-se salientar também outras vantagens do concreto leve de alto desempenho, como a baixa condutividade térmica e a sua elevada resistência ao fogo.

Portanto, por meio desta pesquisa, buscou-se desenvolver traços de concreto leve de alto desempenho, de modo a analisar o estudo de suas propriedades mecânicas, com o intuito de verificar se os resultados obtidos condizem com o que é esperado, e tendo como base para essa análise o fator de eficiência.

2. REVISÃO LITERÁRIA

Holm e Bremner (1994) salientam que a primeira utilização dos concretos de alta resistência com agregados leves ocorreu durante a Primeira Guerra Mundial, quando a American Emergency Fleet Building Corporation utilizou concreto com xisto expandido para construir suas embarcações, alcançando uma resistência à compressão de 35 MPa e massa específica em torno de 1700 Kg/m³.

Segundo Isaia (2005), foram executados diversos projetos com concreto leve até a década de 60, e a partir daí, foram construídos edifícios de múltiplos andares com concreto leve, como o *Australia Squer Tower*, mostrado na Figura 1a, o *Park Regis*, mostrado na Figura 1b, ambos construídos na Austrália em 1967 e 1968, respectivamente. Ademais em 1970 foi construído na África do Sul o *Standart Bank*, ilustrado na Figura 1c, e o *BMW Building*, construído em 1972 na Alemanha, ilustrado na Figura 1d (figuras nas páginas seguintes).

Conforme Rossignolo, Paulon e Agnesi (2003), mesmo a utilização do CLAD tendo aumentado após a década de 50, até 1980, os estudos se concentravam na grande maioria nos concretos de alta resistência com massa específica normal, tendo assim poucos estudos voltados para o CLAD. Além do mais, estes estudos já apresentavam concretos leves com resistência à compressão superior a 60 MPa e com a massa específica em torno de 2000 Kg/m³, demonstrando então o grande potencial do material. Após 1980, com o desenvolvimento acelerado da tecnologia dos concretos, tornou-se mais simples a obtenção de concretos com alta durabilidade e alta resistência mecânica. Utilizando as tecnologias disponíveis, foi possível potencializar os resultados dos concretos leves estruturais.

De acordo com Holm e Bremner (1994), o CLAD é definido atualmente por meio de um parâmetro que relaciona a resistência à compressão à massa específica seca do material, em que essa relação é denominada de fator de eficiência e é dada

através da equação 1. Segundo essa relação, um concreto com fator de eficiência acima de 25 MPa.dm³/kg é considerado como um concreto leve de alto desempenho.

$$Fator\ de\ eficiência = \frac{fc}{\gamma} \quad (Mpa.\frac{dm^3}{kg}) \tag{1}$$

Onde: $fc = resistência\ a\ compressão\ (MPa)$

$\gamma = massa\ específica\ seca\ do\ concreto\ (\frac{kg}{dm^3})$

FIGURAS 1a, 1b, 1c e 1d. Edifícios projetados e executados com concreto leve de alto desempenho (CLAD)

Fonte: HPP ARCHITECTS, 2010

Delazzeri (2010) especifica que o fato de a massa específica ser reduzida no CLAD tem como consequência um menor consumo de aço em relação ao concreto convencional, resultando na redução do custo. Apesar dessa vantagem, o CLAD possui a desvantagem de necessitar de um controle tecnológico mais eficaz do que aquele que já é comumente realizado, devido ao emprego de vários aditivos e adições que ainda não são tão difundidos nos projetos vigentes no Brasil. Por esse motivo, o concreto de alto desempenho ainda possui um custo mais elevado que o concreto convencional.

Rossignolo, Paulon e Agnesi (2003), ressaltam que o concreto leve de alto desempenho é hoje um material de construção consagrado em todos o mundo nos mais diversos tipos de construções, e além da redução da massa específica, o CLAD possui outras vantagens, como maior isolamento térmico e acústico, maior resistência ao fogo e alta resistência ao gelo e degelo.

Rossignolo (2009) afirma que no Brasil a utilização do concreto com agregados leves ainda é limitada, devido ao fato de a argila expandida ser o principal agregado leve disponível no país, sendo que sua fabricação se restringe a um único fabricante, do estado de São Paulo. Devido a esse fato, a maioria das aplicações dos concretos leves estruturais se dá em cidades e estados vizinhos. Contudo, na construção de Brasília, o concreto leve estrutural foi amplamente utilizado nas construções de conjuntos habitacionais, dentre outras construções.

A argila expandida, ilustrada na Figura 2, é um agregado leve que se apresenta em forma de bolinhas de cerâmica leves e arredondadas, com uma estrutura interna formada por uma espuma cerâmica com microporos e com uma casca rígida e resistente. Por ser microporosa fechada, característica rara nos agregados leves, ela possui uma elevada capacidade de isolamento (REFRATIL REFRATÁRIOS, 2017).

FIGURA 2. Argila expandida

Fonte: Clica Sorocaba, 2017

Para o desenvolvimento de um concreto de alto desempenho, que possui como agregado leve a argila expandida, Moravia, Oliveira, Gumieri e Vasconcelos

(2006) afirmam que é de suma importância a caracterização da microestrutura da argila expandida, pois ela auxilia na compreensão das reações físico-químicas que ocorrem na sua interface com a matriz de cimento.

Devido à sua alta porosidade, a argila expandida proporciona uma redução da resistência mecânica dos concretos. Por outro lado, uma importante característica do agregado leve é a boa aderência entre este e a pasta hidratada de cimento que o envolve. Esta aderência ocorre pela textura áspera da superfície do agregado leve, resultando em um intertravamento mecânico entre o agregado e a pasta. A aderência também pode ser melhorada pela água absorvida pelo agregado no momento da mistura do concreto, que, com o tempo, torna-se disponível para a hidratação do cimento anidro. Parte dessa hidratação ocorre na região da interface agregado matriz, tornando a aderência entre o agregado e a matriz mais resistente (MEHTA; MONTEIRO, 1994; WASSERMAN; BENTUR, 1996; ZHANG; GJΦRV, 1992; WEBER; REINHARDT, 1997; GESOGLU; ÖZTURAN; GÜNEYISI, 2004 *apud* MORAVIA, OLIVEIRA; GUMIERI; VASCONCELOS, 2006).

Em conformidade com Rossignolo e Oliveira (2006), a redução da massa específica do concreto se dá através da substituição dos agregados convencionais pelos agregados leves, e tal substituição pode acarretar significativas alterações em outras características importantes do concreto, como na resistência mecânica, na absorção de água e no módulo de deformação. Rossignolo e Agnesini (2005) elucidam que uma das formas de ajustar o desempenho do concreto de baixa densidade, compensando as prováveis alterações provenientes do uso do agregado leve, é a utilização de adições minerais pozolânicas, tal como o metacaulim.

Não obstante, Rossignolo e Oliveira (2006) ressaltam que essa adição mineral proporciona reatividade com o hidróxido de cálcio presente na pasta de cimento, efeito esse denominado de reação pozolânica. Essa reação reduz a porosidade e o teor de hidróxido de cálcio na matriz de cimento, assim melhorando a qualidade da zona de transição agregado-matriz e promovendo uma melhoria no desempenho das propriedades do concreto estrutural leve relacionadas à resistência mecânica e à durabilidade.

Ademais, os aditivos superplastificantes também melhoram as características do concreto de alto desempenho, permitindo o uso de agregados menores. Carlos Eduardo de Siqueira Tango, pesquisador do Laboratório de Concreto do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) avalia que, "quanto menor a pedra, menor a probabilidade de haver vazios ou rupturas internas", além de que "o superplastificante envolve melhor os agregados, mantendo a trabalhabilidade". A diminuição do tamanho do agregado também reduz a quantidade de água presa sob o agregado, o que enfraqueceria a pasta (BOCCHILE, 2000).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a pesquisa foi desenvolvida em três etapas, sendo que a primeira consistiu de uma revisão bibliográfica, que possibilitou um

maior conhecimento a respeito do assunto e de quais seriam os melhores materiais a serem utilizados, sendo eles, a argila expandida e o poliestireno expandido (EPS). A segunda etapa baseou-se em caracterizar esses materiais. Foram realizados os ensaios de granulometria, massa específica e massa compacta, baseando-se na ABNT NBR NM 248:2003 e ABNT NBR NM 45:2006, respectivamente. A terceira etapa consistiu no procedimento experimental, que buscou avaliar as propriedades desse concreto por meio de ensaios normatizados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Depois de definidos os traços do concreto e de se executá-los, foi realizado o *slump test*, em conformidade com a NBR NM 67: 1998, a fim de verificar a trabalhabilidade do concreto desenvolvido em seu estado fresco. Logo depois, as amostras ensaiadas foram moldadas e curadas consoante a NBR 5738: 2015.

Posteriormente, com as amostras do concreto em seu estado endurecido, foram realizados ensaios a fim de avaliar as suas propriedades mecânicas, e para esse fim, foi determinada a massa específica de cada amostra, conforme a NBR 9778:2005, versão corrigida 2009. Por fim, essas amostras foram submetidas aos ensaios de compressão axial, conforme a NBR 5739: 2007, e de compressão diametral, conforme a NBR 7222: 2010. Assim, foi determinado o fator de eficiência dos concretos ensaiados, de acordo com Holm e Bremner (1994), citados anteriormente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente, foram realizados os ensaios de granulometria da argila expandia (Tabela 1), massa específica (Tabela 2) e massa compacta (Tabela 3), baseando-se nas ABNT NBR NM 248:2003 e na ABNT NBR NM 45:2006 respectivamente, para que fosse possível caracterizar os novos agregados que comporiam o concreto a ser desenvolvido. O ensaio de granulometria foi realizado apenas para a argila expandida, devido ao fato de que o EPS é um material industrializado, que possui uma dimensão padronizada e especificada, sendo um diâmetro de 4 mm.

TABELA 1. Ensaio de Granulometria

Argila Expandida				
Peneiras	**Abertura (mm)**	**Agregado retido (g)**	**Mi (g)**	**Qg (%)**
37,5	37,50	0	0	100
3/4"	19,00	362,70	362,70	81,865
3/8"	9,50	1632,40	1995,10	0,245
nº 4	4,75	2,80	1997,90	0,105
nº 10	2,36	0,30	1998,20	0,090

Fonte: dos autores, 2017

TABELA 2. Ensaio de massa unitária no estado solto

Massa unitária no estado solto				
Amostra	**Volume (dm^3)**	**Massa (kg)**	**Massa unitária (kg/dm^3)**	**Massa unitária média (kg/dm^3)**
Argila expandida	20	11,44	0,250	0,249
	20	11,41	0,249	
	20	11,41	0,248	
Poliestireno expandido (EPS)	20	6,50	0,00283	0,325
	20	6,50	0,00280	
	20	6,501	0,00280	

Fonte: dos autores, 2017

TABELA 3. Ensaio de massa unitária no estado compacto

Massa unitária no estado compacto				
Amostra	**Volume (dm^3)**	**Massa (kg)**	**Massa unitária (kg/dm^3)**	**Massa unitária média (kg/dm^3)**
Argila expandida	20	11,440	0,250	0,249
	20	11,415	0,249	
	20	11,411	0,248	
Poliestireno expandido (EPS)	20	6,5070	0,00311	0,003
	20	6,5066	0,00309	
	20	6,5064	0,00308	

Fonte: dos autores, 2017

Posteriormente, foram definidos os traços dos concretos em conformidade com o método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), que prevê a determinação do fator água/cimento em relação à resistência esperada para o concreto com 28 dias de cura, bem como o consumo dos agregados, relacionando-os ao fator água/cimento. Devido à grande variação em relação à densidade dos agregados utilizados, os traços definidos foram volumétricos, o primeiro traço desenvolvido foi o convencional, e com isso, foram feitas as alterações, recalculando-se o traço com os novos agregados, como visto na Tabela 4 (na página seguinte).

Assim foram desenvolvidos os concretos, realizado o *slump test*, de acordo com a NBR NM 67: 1998. Cada traço apresentou valores bem diferentes para o ensaio. Tal fato se deu pelas próprias características do concreto, devido aos agregados utilizados.

TABELA 4. Traços volumétricos

Traço dos concretos desenvolvidos (volumétrico)							
Traço	**Cimento**	**Areia**	**Brita**	**Argila expandida**	**EPS**	**Água/ cimento**	**Aditivo (%)**
Traço 1	1	2	2			0,5	0,75
Traço 2	1	2		1	1	0,5	1,5
Traço 3	1	2		2			1,5
Traço 4	1	2		1,5	0,5	0,5	1,5

Fonte: dos autores, 2017

TABELA 5. Ensaio de *slump test*

Traço	*Slump test* (cm)
Traço 1	22
Traço 2	10
Traço 3	8
Traço 4	15

Fonte: dos autores, 2017

Foram moldados dois corpos de prova para o concreto convencional, cinco para os traços dois e quatro, e para o traço três, foram três corpos de prova. Os moldes utilizados eram cilíndricos, tendo 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Para a cura, os corpos de prova ficaram submergidos em tanques cobertos de água durante os 28 dias.

Adiante, após a cura do concreto, realizaram-se os ensaios de compressão axial e diametral, em que as resistências obtidas foram dadas em mega pascal (MPa), conforme a NBR 5739: 2007 e NBR 7222: 2010. Simultaneamente, os corpos de prova foram pesados separadamente em uma balança de precisão, para assim se obter a massa específica de cada concreto desenvolvido, a fim de que fosse possível fazer a análise do fator de eficiência dos mesmos. Os resultados estão dispostos na Tabela 6 (na página seguinte).

Por fim, após todos os ensaios previstos serem realizados, percebeu-se que todos eles apresentaram uma boa incorporação entre pasta e agregado, não havendo a sua segregação. Assim, foram determinados os fatores de eficiência para cada traço. Para três dos quatro traços desenvolvidos, os fatores obtidos foram bastante semelhantes, tendo apenas um traço com uma resistência bem inferior aos outros. Contudo, essa diferença era prevista devido ao fato de que esse traço em específico possuía apenas o EPS como agregado graúdo, sendo esse material leve e de baixa resistência à compressão. Percebe-se também, no traço dois, onde foram utilizados a argila expandida e o EPS como agregados graúdos, na mesma proporção volumétrica, que a argila expandida atua com sua massa específica assim co-

mo com a sua resistência, diferentemente do EPS, que colabora com a sua baixa densidade, o que possibilitou chegar a um concreto mais leve, contudo, resistente.

TABELA 6. Análise dos concretos

Traço	Massa (Kg)	Massa Específica (Kg/dm³)	Resistência Axial (MPa)		Fator de Eficiência	
1	3,570	2,274	33,6	31,7	14,78	13,81
	3,640	2,318	29,8		12,85	
2	2,176	1,386	5,3	6,6	3,82	4,11
	2,737	1,743	5,8		3,33	
	2,414	1,537	5,5		3,58	
	2,803	1,785	6,0		3,36	
	2,549	1,623	10,5		6,47	
3	2,532	1,613	17,5	20,2	10,85	12,32
	2,556	1,628	21,7		13,33	
	2,614	1,665	21,3		12,79	
4	2,580	1,643	20,5	21,0	12,47	12,74
	2,594	1,652	22,2		13,44	
	2,599	1,655	20,3		12,26	
	2,597	1,654	21,1		12,76	
	2,573	1,639	20,9		12,75	

Fonte: dos autores, 2017

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os ensaios realizados, o concreto desenvolvido não alcançou o fator de eficiência mínimo previsto, contudo, conseguimos alcançar um fator de eficiência semelhante ao do concreto convencional.

Sendo assim, concluiu-se que para o desenvolvimento de um concreto que alcance o fator de eficiência mínimo, é necessária a utilização de outros agregados que potencializem a sua resistência.

No entanto, através dos ensaios realizados, verificou-se que a adição de argila expandida com as pérolas de EPS proporcionaram uma redução na resistência mecânica. Entretanto, o traço 4 apresentou uma eficiência de aproximadamente 318% em relação ao traço 2, sendo que ambos possuem as mesmas composições, diferenciando-se apenas nas proporções. Já o traço 3, que possui apenas argila expandida em sua composição, também sofreu uma redução de 50,95% em relação ao concreto padrão convencional, porém, apresentou resultado satisfatório quanto à resistência mecânica, pois atende o limite mínimo da Classe de Agressividade Ambiental I (CAA-I) da ABNT NBR 6118 (2014), que pode ser utilizado para lajes em ambientes rurais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Concreto – Relação água/cimento.* São Paulo: Comunidade da Construção, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNNICAS – ABNT. *NBR 8522:* Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2008.

_____. *NBR 9778:* Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005, versão corrigida 2009.

_____. *NBR NM 67:* Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. *NBR 5738:* Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015, versão corrigida 2016.

_____. *NBR 5739:* Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR 7222:* Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. *NBR 10786:* Concreto endurecido — Determinação do coeficiente de permeabilidade à água. Rio de Janeiro, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASRTM. *C157/C157M:* Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete, 2014.

ANGELIN, Andressa Fernanda. *Concreto leve estrutural - Desempenhos físicos, térmicos, mecânicos e microestruturais.* 126 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de tecnologia, Universidade Estadual de Capinas, 2014.

BOCCHILE, Cláudia. *Concreto Turbinado.* Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/49/artigo287208-1.aspx>. Acesso em 07 maio 2017

BREMNER, T. W. *Concreto de agregado leve.* Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/37/artigo287164-1.aspx>. Acesso em 21 maio 2017

CINEXPAN, Argila Expandida. Disponível em <http://www.cinexpan.com.br/concreto-leve-estrutural.html>. Acesso em 13 mar 2017

CLICA SOROCABA. Disponível em <http://www.clicasorocaba.com.br/floramorum by/argila-expandida-jardins-paisagismo-construcao-civil-lajes-cl-64>. Acesso em 02 mar 2017

DELAZZERI, Marcus Lessandro Costa. *Concreto Leve de Alto Desempenho (CLAD) Avaliação do fator de eficiência*. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2010.

GOMES, Paulo César Correia *et al*. Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados. *Ambiente Construído*, 15(3): 31-46, 2015.

MORAVIA, W. G. *et al.* Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve. *Cerâmica*, 52(2006): 193-199.

ROSSIGNOLO, João Adriano. Concreto leve estrutural: influência da argila expandida na microestrutura da zona de transição pasta/agregado. *Ambiente Construído*, 9(4): 119-127, 2009.

ROSSIGNOLO, João Adriano. *Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos:* dosagem, produção, propriedades e microestrutura. 220 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos e instituto de Química de são Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

ROSSIGNOLO, João Adriano; OLIVEIRA, Ismael Lorandi. *Concreto leve estrutural com metacaulim. Minerva*, 3(2): 177-187, 2006.

ROSSIGNOLO, João Adriano; OLIVEIRA, Ismael Lorandi. Efeito do metacaulim nas propriedades do concreto leve estrutural. *Acta Scientiarum Technology*, 29(1): 55-60, 2007.

ROSSIGNOLO, João Adriano; PAULON, Vladimir Antonio; AGNESINI, Marcos Vinício Costa. Concreto de alto desempenho com agregado leve. *I Encontro Tecnológico de Engenharia Civil e Arquitetura*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003, pp. 337-346.

SILVA, Márcio Dario da. *Estudo comparativo entre a utilização dos concretos convencional e leve nos elementos horizontais das estruturas de edifícios.* 165f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

STOCCO, Wagner; RODRIGUES, David; CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. *Concreto leve com uso de EPS*. Recife: Cobenge, 2009.

Revista Perquirere • 15(3):67-85, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Análise do telhado verde para redução do escoamento e captação de água para fins não potáveis

Green roof analysis for reducing drainage and water collection for non-potable purposes

Jéssica Nayara Martins
Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: jessicamartins@unipam.edu.

Lorena Cássia Gontijo dos Reis
Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: lorena.tiros09@hotmail.com

Nancy Tiemi Isewaki
Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: nancyti@unipam.edu.br

---

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo analisar e calcular o escoamento do telhado verde, comparando-o com o telhado convencional, e assim avaliar se a cobertura verde contribui para a diminuição do impacto ambiental causado pelas chuvas. Além disso, mostrar como essa água escoada pode ser usada para fins não potáveis. Os ensaios para aferir a umidade do solo e a sua granulometria foram realizados no Laboratório de Tecnologia dos Materiais do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram desenvolvidos dois protótipos de 1,0mx1,0m, sendo um de telhado verde e outro convencional. Os ensaios de escoamento foram realizados em uma residência de Patos de Minas-MG, os quais foram expostos em ocorrência de chuvas reais. A cobertura verde apresentou um escoamento médio de 26,94%, enquanto o convencional apresentou 82,41%. É possível concluir que o telhado verde se mostra uma boa opção para diminuir enchentes e também custos com drenagem.
PALAVRAS-CHAVE: Telhado verde. Escoamento. Ensaios.

ABSTRACT: The objective of the present work was to analyze and calculate the green roof runoff comparing it with the conventional roof, and this way to evaluate if the green cover contributes to the reduction of the environmental impact caused by the rains. Another objective was to show how this drained water can be used for non-potable purposes. The tests to assess soil moisture and granulometry were performed at the Materials Technology Laboratory of the Civil Engineering Course at the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). Two prototypes of 1.0mx1.0m were developed, one of green roof and one of conventional roof. The runoff tests were performed at a residence in Patos de Minas-MG, being exposed to the occurrence of real rains. The green cover showed an average flow of

26.94% while the conventional one presented 82.41%. It is possible to conclude that the green roof is a good option to reduce floods and also costs with drainage.
KEYWORDS: Green Roof. Flow. Essay.

1. INTRODUÇÃO

Desde o começo da história existem registros que comprovam que os povos faziam suas habitações próximas a corpos d'água, devido à necessidade de utilizar a água para sua sobrevivência. Mas nem sempre era possível morar nas proximidades dos rios, então, eles criaram alternativas para armazenar a água das chuvas (FABER, 2011).

De acordo com a *Revista de Estudos Ambientais* (2012), no Brasil, com a Revolução Industrial na década de 70, houve uma grande concentração da população nas cidades, e com isso, surgiram os problemas com falta de água. A demanda pela água cresceu, assim como os problemas de infraestrutura.

Atualmente a sociedade vem sofrendo com os intensos períodos de chuva e, ao mesmo tempo, com a falta dela. Isso devido ao aquecimento global que está modificando o clima, e consequentemente, as estações do ano. As enchentes têm sido problemas frequentes ocasionados pela falta de planejamento urbano, dificultando a drenagem pluvial.

"A urbanização provoca uma redução na cobertura vegetal, modificando o ciclo hidrológico, além de interferir na permeabilidade, devido ao grande número de casas e construções" (*Revista Atitude*, 2010, p. 76). Problemas como as enchentes, por exemplo, são comuns no período das chuvas, consequência do grande volume escoado sem local para infiltrar.

Pensando na sustentabilidade, muitas tecnologias vêm sendo criadas para amenizar esses transtornos. Conforme Castro e Goldenfum (2010), uma delas é o telhado verde, que a princípio era usado apenas como estética, mas contribui para a diminuição do escoamento superficial da água das chuvas, para a redução da temperatura e para a melhora da qualidade do ar, além de proporcionar uma vista mais agradável do espaço.

Nesse sentido, este trabalho aborda a importância de se criar mecanismos para reduzir o escoamento da água e dar um fim adequado a ela. Com o objetivo de examinar a eficiência na redução do escoamento e captação de água para fins não potáveis, comparou-se o telhado verde com o telhado convencional. Os objetivos específicos foram os seguintes: aferir os resultados de volumes escoados para análises posteriores; averiguar a efetividade do telhado verde no controle do escoamento pluvial; e definir propostas para utilização dessa água captada.

A parte prática da pesquisa foi feita por meio de ensaios com protótipos desenvolvidos pelas autoras. Os dois tipos de telhados foram submetidos às chu-

vas reais e tiveram dados coletados para avaliação dos escoamentos. Ao final definiram-se propostas para utilização dessa água.

2. REVISÃO TEÓRICA

"A água é, provavelmente, o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade" (GOMES, 2011, p. 1).

O mundo hoje é muito populoso, e por mais que tenhamos desenvolvido sistemas de abastecimento e de transporte de água, muitas pessoas ainda não têm a disponibilidade de água potável encanada em casa, por causa das regiões que são habitadas, mas são de difícil acesso e distantes de rios e áreas de abastecimento, ou mesmo por falta de um bom sistema de tratamento.

> O Brasil é um país privilegiado no que diz respeito à quantidade de água. Tem a maior reserva de água doce do Planeta, ou seja, 12% do total mundial. Sua distribuição, porém, não é uniforme em todo o território nacional. A Amazônia, por exemplo, é uma região que detém a maior bacia fluvial do mundo. O volume d'água do rio Amazonas é o maior do globo, sendo considerado um rio essencial para o planeta. O maior problema de escassez é no Nordeste, onde a falta d'água por longos períodos tem contribuído para o abandono das terras e para a migração aos centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro, agravando ainda mais o problema da escassez de água nestas cidades (GOMES, 2011, p. 3).

Segundo a *Civilização Engenheira* (2016), a superpopulação nos centros urbanos desenvolveu-se sob a cultura da impermeabilização, o que prejudica bastante, pois a água fica sem local de escoamento. É preciso recuperar a capacidade de infiltração e retenção de águas pluviais em toda a área urbanizada, e uma alternativa para esse problema seriam os reservatórios domésticos e empresariais, assim como a ampliação de áreas verdes nas cidades.

> Drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana, sendo que a drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos à engenharia, pois compreende o conjunto de todas as medidas a serem tomadas que visem à atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações às quais a sociedade está sujeita (CARDOSO NETO, 2016, p. 1).

De acordo com uma pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui 5.507 municípios, sendo que somente 4.313 municípios possuem ruas pavimentadas no perímetro urbano, e dessas ruas pavimentadas encontram-se dois tipos de sistemas de drenagem urbana, sendo que 3.470

municípios têm drenagem superficial e 3.678 municípios têm drenagem subterrânea. Um mesmo município pode apresentar mais de um tipo de sistema de drenagem urbana.

Mas por falta de planejamento e projetos de drenagem eficientes, o Brasil já passou por vários episódios de calamidade. Ribeiro (2014), em seus estudos sobre os desastres ambientais, aponta uma catástrofe que marcou a história e ficou conhecida internacionalmente como o fenômeno HECATOMBE, ocorrido em março de 1967, na cidade de Caraguatatuba, que fica no litoral norte do estado de São Paulo.

A cobertura verde seria uma boa opção para evitar esses desastres, além de contribuir para a redução de temperatura. "A utilização em larga escala dos telhados verdes poderia reduzir 1° C ou 2° C a temperatura nas grandes cidades", relata Spangenberg (*apud* TECHNE, 2009a, p. 1), em sua pesquisa aplicada no Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. Spangenberg (2009) acrescenta que [...] "o cálculo depende da direção e intensidade do vento, entre outros fatores. Mas essa redução já é suficiente para impactar na qualidade de vida da população e das pessoas que habitam esses ambientes[...]" (*apud* TECHNE, 2009a, p.1).

Segundo Boni (2015), o telhado verde necessita de manutenção para manter sua estrutura saudável e com boa aparência. No início, o custo é alto, porém traz benefícios ao longo dos anos. Dificilmente uma solução comum duraria mais de 20 anos sem manutenção, já a cobertura verde, apesar da manutenção, pode durar o dobro, além de proteger a laje.

Existem várias possibilidades de aproveitamento das águas pluviais, inclusive com normatização, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 15527 (2009), que diz respeito à água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis. Esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a qual pode ser utilizada após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Santos (2012) afirma que os dispositivos de acumulação de águas da chuva são medidas não estruturais de combate às enchentes pelo grande volume que podem reter e pelos resultados rápidos que proporcionam, isto é, esses reservatórios aumentam muito a capacidade de retenção das águas pluviais no momento de pico de um episódio pluviométrico com potencial para causar inundações.

3. METODOLOGIA

3.1. MONTAGEM DOS PROTÓTIPOS

O projeto foi desenvolvido por meio de uma pesquisa experimental. Gressler (2004, p. 59) afirma que esse tipo de pesquisa tem como objetivo

> [...] investigar uma possível relação de causa e efeito por meio da exposição de um ou mais grupos em uma ou mais condições de tratamento e comparar os resultados [...]. Uma das características da pesquisa experimental é o rigoroso controle e manipulação das variáveis experimentais.

Os experimentos com o solo foram realizados no Laboratório de Tecnologia dos Materiais do curso de Engenharia Civil, no Centro Universitário de Patos de Minas; já os protótipos e ensaios foram executados na residência de uma das autoras.

Foram construídos dois protótipos, sendo um para a cobertura verde e outro convencional. O telhado verde foi composto com manta asfáltica e manta geotêxtil para vedação, seguida da argila expandida, do substrato levemente compactado manualmente e, por fim, dos tapetes de grama esmeralda, como mostra a Figura 1. Já o telhado tradicional foi feito seguindo os padrões normais, com ripas, caibros e telhas de cerâmica.

FIGURA 1. Foto A – Inserindo manta geotêxtil; Foto B – Camada de argila expandida; Foto C – Substrato; Foto D – Grama Esmeralda

Fonte: das autoras, 2018

A Figura 2 demonstra os protótipos sendo desenvolvidos, com área de 1m², altura de um lado de 1m e do outro lado 1,30m, inclinação de 30% e caimento lateral de 3%. O simulador de chuvas se encontrava em desuso, e não foi possível a sua utilização. Dessa forma o método usado foi a ocorrência real de precipitação. E a Figura 3 expõe os telhados prontos.

FIGURA 2. Protótipo do telhado verde (esquerda) e telhado convencional (direita)

Fonte: das autoras, 2018

FIGURA 3. Protótipos prontos

Fonte: das autoras, 2018

Para o telhado verde optou-se por um ralo acoplado ao fundo da estrutura, com uma saída de tubulação de PVC direcionada ao reservatório (balde) com capacidade 13,6 litros. O telhado convencional possui um sistema de drenagem feito de tubo de PVC de 100 mm cortado, vedado com cap 100mm em uma das saídas e com redução para tubulação de 32 mm na outra, que encaminhará a água para o reservatório de 20 litros.

3.2. ENSAIOS DO SOLO

O solo usado foi coletado da construção do Centro de Convenções e Eventos de UNIPAM (CCE), através dos procedimentos exigidos pela ABNT NBR 9604 (2016). O solo já se encontrava bem úmido, devido ao período chuvoso do mês de janeiro. O ensaio de granulometria do solo foi realizado seguindo os procedimentos da ABNT NBR 6457 (2016) para a preparação do solo, e a ABNT NBR 7181 (2016), para análise granulométrica.

FIGURA 4. Solo após a lavagem

Fonte: das autoras, 2018.

Figura 1. Peneiramento fino (esquerda) e peneiramento grosso (direita)

Fonte: das autoras, 2018

3.3. ENSAIOS COM OS PROTÓTIPOS

Antes de cada ensaio com os protótipos, uma amostra do solo foi retirada e levada ao Laboratório de Tecnologia dos Materiais do curso de Engenharia Civil, no Centro Universitário de Patos de Minas, para aferir a umidade, de acordo com a ABNT NBR 6457 (2016). Outra amostra foi removida uma hora após o experimento, para se analisar a nova umidade e comprovar a saturação do solo.

FIGURA 6. Verificação de umidade

Fonte: das autoras, 2018

Os testes com os protótipos foram executados durante os meses de janeiro e fevereiro de 2018, ao longo das precipitações ocorridas nos dias 25/01, 30/01 e 03/02. Os tempos de ensaio foram de 10, 20 e 30 minutos, e os dois protótipos foram ensaiados no mesmo horário.

FIGURA 7. Ensaios

Fonte: das autoras, 2018

Após a realização dos ensaios, foram feitos os cálculos para determinar se o telhado verde é recomendado para reduzir o escoamento e captar água para fins não potáveis. O método da estufa auxiliou na determinação da umidade do solo, pois é preciso saber quanto de água ficou retido no solo.

FIGURA 8. Retirada de solo para aferir a umidade inicial (antes das chuvas)

Fonte: das autoras, 2018

Para cada procedimento foram coletadas cinco amostras para o teor de umidade inicial, e cinco amostras para o teor de umidade final, de forma que o valor do teor de umidade considerado foi a média dos cinco valores determinados. Os coletores utilizados são copos descartáveis de 200ml,e estes foram dispostos sobre os telhados de forma aleatória. Na cobertura verde eles foram encaixados no solo, e na estrutura convencional eles, foram presos com fita adesiva, devido ao vento.

Sabendo que o volume de cada coletor é 200ml, a altura da água foi medida e anotada, e com regra de três simples, foram encontrados os volumes. A lâmina foi obtida pela divisão do volume e pela área do coletor, que é 0,001256m², calculada pelo diâmetro do coletor, e usada para determinar o volume recebido. Já a intensidade foi alcançada dividindo-se a altura da água pelo tempo de ensaio. O volume escoado é determinado pelo volume recebido menos o volume retido.

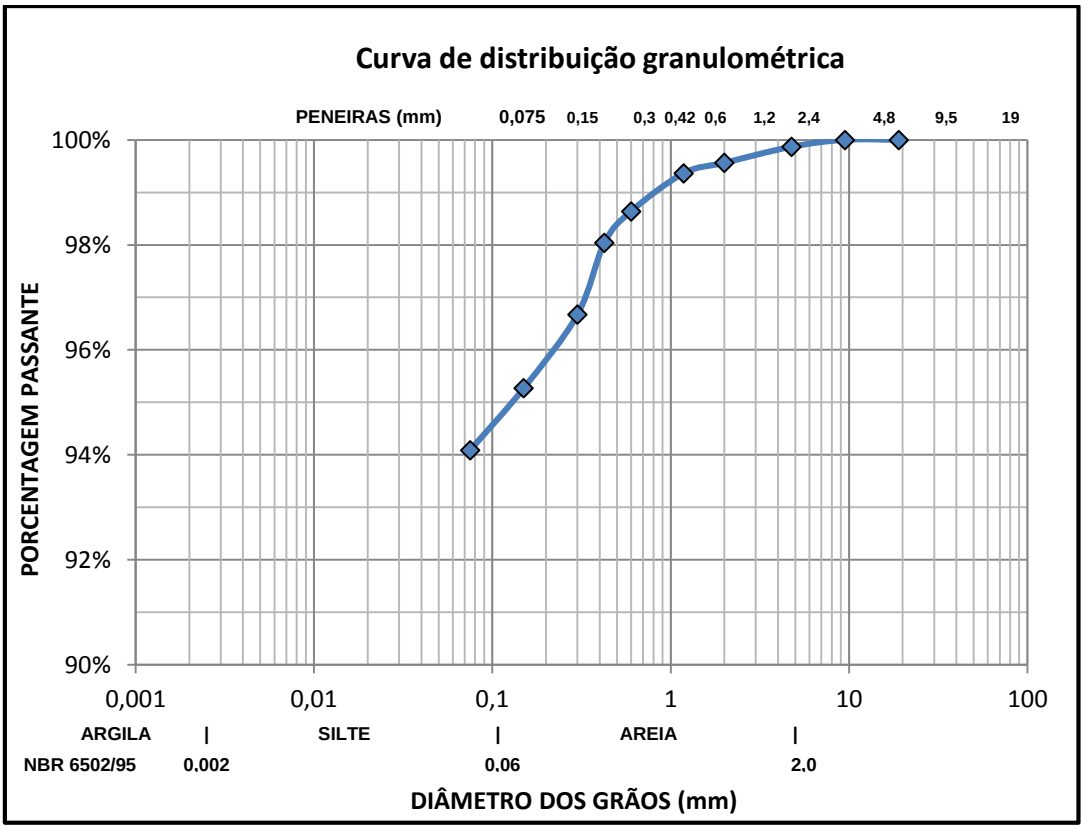
Para descobrir o volume recebido, foi utilizada a média dos coletores. Em seguida poderão ser feitos os cálculos para definir a altura da lâmina de água, calculada por meio do volume do coletor dividido pela área do mesmo. Usando essa lâmina e o tempo de ensaio, determina-se a intensidade. O volume escoado será designado através do volume recebido menos o volume retido. Os procedimentos de cálculo foram desenvolvidos conforme Silva (2014).

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Com os resultados do peneiramento é possível gerar a curva granulométrica do solo, que se encontra abaixo:

FIGURA 9. Curva granulométrica



Fonte: das autoras, 2018.

Pela análise tátil visual o solo poderia ser classificado como um silte, pois apresenta uma coloração marrom e partículas muito finas. Pelos resultados dos ensaios em laboratório, é possível concluir, através da curva granulométrica, que apenas 0,44% do solo é classificado como pedregulho, 5,47 % é areia e 94,09% é de solo fino, silte e argila.

A permeabilidade é a propriedade que o solo apresenta de permitir o escoamento pelos vazios existentes nele (CAPUTO,1996). A água livre escoa entre os grãos: se esta estiver sujeita a um potencial hidráulico, haverá o fenômeno do escoamento da água através do solo (VARGAS, 1977, p. 109). Sendo assim, quanto menor o índice de vazios, menor a permeabilidade. O solo ensaiado é fino, ou seja, sua permeabilidade é baixa.

4.2. EXPERIMENTOS COM OS PROTÓTIPOS

Analisando o telhado verde, com o experimento 1, realizado no dia 25/01, e o tempo de ensaio de 10 minutos, obteve-se uma umidade de 36,72% antes do ensaio e 41,53% depois do mesmo. O experimento 2 foi realizado no dia 30/01 com tempo de ensaio de 20 minutos. A umidade encontrada antes foi de 37,67% e a umidade depois foi de 42,46%. O experimento 3 foi realizado no dia 03/02, com duração de 20 minutos. Obteve-se uma umidade de 37,72% antes do ensaio e 42,23% depois do mesmo. Dados observados na Tabela 1.

TABELA 1. Umidade da cobertura verde

Umidade do Solo				
Hora inicial	Hora final	Experimento	Inicial (%)	Final (%)
22:00	22:10	1	36,72	41,53
16:25	16:45	2	37,67	42,46
19:20	19:50	3	37,72	42,23

Fonte: das autoras, 2018

A variação dos teores de umidade foi bem baixa, porém, como já citado na metodologia, o solo já se encontrava bem úmido e foi levemente compactado, diminuindo o índice de vazios. Sendo assim, as precipitações ocorridas apenas preencheram os poucos vazios que ainda restavam, saturando o solo.

Os dados obtidos nos ensaios de umidade comprovam o estado de saturação do solo, ambos os experimentos apresentaram aproximadamente 42% de umidade uma hora após cada evento de precipitação. Mesmo que o tempo e a intensidade de cada evento tenham sido diferentes, a umidade manteve-se na mesma média de 42%.

TABELA 2. Resultados do telhado verde

1º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	2	5	3,98	12
II	1,5	3,75	2,99	9
III	2	5	3,98	12
IV	1,5	3,75	2,99	9
		Média	3,48	10,5
2º exp.	**Altura de água (mm)**	**Volume (ml)**	**Lâmina (mm)**	**Intensidade (mm/h)**
I	8	20	15,92	24
II	8	20	15,92	24
III	7,5	18,75	14,93	22,5
IV	8,5	21,25	16,92	25,5
		Média	15,92	24
3º exp.	**Altura de água (mm)**	**Volume (ml)**	**Lâmina (mm)**	**Intensidade (mm/h)**
I	7	17,5	13,93	14
II	5,5	13,75	10,95	11
III	5	12,5	9,95	10
IV	6	15	11,94	12
		Média	11,69	11,75

Fonte: Das autoras, 2018.

O telhado convencional apresentou os seguintes resultados:

Tabela 3. Resultados do telhado convencional

1º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	2	5	3,98	12
II	1,5	3,75	2,99	9
III	2	5	3,98	12
IV	2	5	3,98	12
		Média	3,73	11,25
2º exp.	**Altura de água (mm)**	**Volume (ml)**	**Lâmina (mm)**	**Intensidade (mm/h)**
I	9	22,5	17,91	27
II	10	25	19,90	30
III	8	20	15,92	24
IV	8	20	15,92	24
		Média	17,42	26,25

3º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	6	15	11,94	12
II	5	12,5	9,95	10
III	5,5	13,75	10,95	11
IV	6	15	11,94	12
		Média	11,20	11,25

Fonte: das autoras, 2018

Foram analisados três eventos de chuva, em um trecho de 15 dias. No dia 25/01/2018, foi realizado o primeiro experimento, em que a previsão do tempo marcava 11 mm de chuva, de acordo com o site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018). O ensaio durou apenas 10 min, o que permitiu o armazenamento de 0,70l no telhado verde e 2,94l no telhado convencional. O telhado verde apresentou escoamento já no primeiro ensaio pelo fato de o solo já se encontrar bem úmido. As intensidades encontradas foram de 10,5mm/h para a cobertura verde e 11,25mm/h na estrutura convencional.

O segundo ensaio foi no dia 30/01/2018, havendo um prazo de cinco dias do primeiro a esse segundo ensaio. Não foi possível realizar o ensaio nesses dias pulados, porque a chuva nos dois dias seguintes ao do primeiro escoamento foi bem fraca, quase que imperceptível, o que não gerou escoamento, somente umidificou a parte superficial dos dois telhados. Os dias seguintes, antecedentes ao ensaio, tiveram ausência de chuva.

Neste dia mencionado, o telhado verde armazenou 3,28l e o convencional, 14,70l, no prazo de 20 minutos. Marcou-se nesse dia uma precipitação de 28mm, de acordo com o INPE (2018), sendo uma chuva bem intensa, porém rápida. As intensidades encontradas foram de 24mm/h para a cobertura verde e 26,25mm/h na estrutura convencional

O último ensaio foi realizado no dia 03/02/18, no qual foram armazenados 4,69l no telhado verde e 9,41l no telhado convencional, sendo um ensaio mais demorado, de 30 min, compreendido em uma precipitação de 10 mm naquele dia, de acordo com o INPE (2018). O telhado verde apresentou uma intensidade de 11,75mm/h, enquanto o telhado convencional apresentou 11,25mm/h.

Percebeu-se que no dia com maior precipitação e um tempo de ensaio considerável, era esperado que o escoamento fosse o de maior quantidade, mas no dia em questão, mesmo com a chuva forte, houve muita ventania, o que não deixava a chuva cair pontualmente no telhado. Percebeu-se também que a disposição dos telhados influenciou na hora do escoamento, em todos os ensaios, pois isso dependia do sentido que descia a chuva: às vezes caía mais em um telhado que no outro. Outro ponto foi que o solo no telhado verde nunca esteve totalmente seco, o que poderia dar diferença nos valores encontrados.

Tabela 4. Umidade da cobertura verde

Telhado	Ensaio	Volume Recebido (l)	Volume Escoado (l)	Volume Retido (l)	% Escoada	% Retida
Verde	1	3,48	0,70	2,78	20,11	79,89
Verde	2	15,92	3,28	12,64	20,60	79,40
Verde	3	11,69	4,69	7,00	40,12	59,88
Convencional	1	3,73	2,94	0,79	78,82	21,18
Convencional	2	17,42	14,70	2,72	84,39	15,61
Convencional	3	11,20	9,41	1,79	84,02	15,98

Fonte: das autoras, 2018

Analisando os volumes encontrados na cobertura verde, é notável o quanto de água ficou retida no solo, comprovando que o telhado verde contribui para diminuir o escoamento. A cobertura verde apresentou um escoamento médio de 26,94%, enquanto a estrutura convencional apresentou 82,41% de escoamento. É possível perceber o quanto o escoamento no telhado convencional foi maior, pois quase todo o volume recebido é escoado. Isso é um fator importante quando se fala em enchentes. Percebe-se que o telhado verde se mostra como uma boa opção para amenizar esse desastre.

A Figura 10 demonstra os volumes escoados no ensaio 2. À direita tem-se o escoamento da cobertura verde, nota-se a presença de uma coloração escura no fundo, devido a algumas partículas finas de solo. Isso significa que as camadas devem ser melhoradas, para não haver esse carreamento de partículas.

Outro fator importante é fazer as manutenções das áreas de telhado verde, como referenciado na revisão teórica. Essas manutenções vão manter a estrutura saudável e com boa aparência.

FIGURA 10. Volume escoado

Fonte: das autoras, 2018.

Comparou-se esse estudo com Ferreira (2015), que realizou ensaios com telhado verde e telhado convencional, sendo que este telhado era em telha de fibrocimento. Ferreira (2015) afirma que foram analisados cinco eventos de chuva em um período compreendido de 31 dias durante o verão. Notou-se que um dos fatores que poderiam intervir na diferença do início do escoamento entre telhado verde e convencional foi o aspecto do substrato, ou seja, se este se encontrava seco, úmido ou saturado.

Analisando o trabalho de Ferreira (2015), é perceptível ver que no dia de maior duração de ensaio, no terceiro evento de chuva, o solo estava bem saturado, sendo que no segundo dia estava seco, não havendo escoamento no telhado verde. A redução de escoamento média foi de 81,7%, enquanto nesse estudo obteve-se uma redução de 73,06%.

Foram constatadas diferenças entre os valores encontrados neste estudo com os que foram citados acima. Essas diferenças podem ser devidas ao clima das regiões em questão, sendo que a região comparada pode ser assim descrita:

> A região de Campo Mourão-Paraná, localiza-se em uma ampla faixa de transição climática, a qual sofre as oscilações sazonais e interanuais intensas, por isso também, na série histórica estudada tivemos anos em que a altura da chuva extrapolou 2000,0 mm e em anos de menor pluviosidade a altura foi inferior 1350,0 mm. Essa ampla variabilidade interanual também se verifica para as estações do ano. O verão é a estação mais úmida e o inverno mais seca (NIELLYHNEDA; BORSATO, 2017a, p. 6).

De acordo com Monteiro (1968),

> as chuvas intensas ocorrem a qualquer período do ano para a região de Campo Mourão-PR, ou seja, em qualquer das quatro estações. A probabilidade aumenta para o verão, considerando que nessa estação a altura registrada na região de Campo Mourão é para os anos mais chuvosos de até seis vezes o volume que é registrado no inverno, embora, não necessariamente seja o período mais úmido, pois a evapotranspiração nessa estação é elevada (*apud* NIELLYHNEDA; BORSATO, 2017b, p.1).

Outra diferença notável é o tempo de duração e a precipitação diária de cada cidade, e também a montagem e preparação do telhado verde, em questão do substrato usado.

4.3. CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Reaproveitar a água das chuvas para fins não potáveis é um meio de diminuir o impacto ambiental causado por grandes precipitações. Discute-se a seguir algumas soluções para a reutilização da água que escoa pelos telhados, tanto para

o modelo convencional quanto para o telhado verde.

De acordo com May (2004), existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, bem como minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (*apud* MARINOSKI, 2007a, p. 21).

Para captar a água que escoa do telhado convencional, é preciso de um depósito, tanque ou mesmo barril de plástico, portando um tamanho conveniente. Ricchini (2018) afirma que o primeiro passo é a instalação de calhas no telhado que captem a água da chuva e a transportem até um reservatório. Ricchini (2018, s.p.) ainda descreve como se deve construir um sistema de captação:

> [...] podem ser barris de plástico com capacidade para 200 litros cada e com uma torneira na parte inferior, como no exemplo abaixo. É interessante também colocar um filtro para que detritos como folhas e gravetos não entupam o reservatório ou obstruam algum outro ponto do sistema. Pronto, agora já é possível aproveitar a água da chuva! Para facilitar o uso da água, é bom deixar a torneira da cisterna a no mínimo 90 centímetros de altura, pois assim a água ganha mais pressão ao sair.

Para a captação de água do telhado verde, a *Venus' Secret Spa* teve a proposta de montar um ambiente sustentável e, para isso, desenvolveu um sistema de captação de água da chuva, que é 100% reaproveitada para a irrigação da jardinagem, sanitários, entre outros espaços (JACQUES, 2013).

O telhado verde faz a captação da água da chuva por meio de uma cisterna própria, que integra a laje elevada que possui os drenos para sugar a água, afirma Jacques (2013). A água é aproveitada diretamente na própria irrigação do telhado verde e também passa por outro sistema, um tubo para passagem para descarga de sanitários e outros fins não potáveis.

O arquiteto Fred Seigneur afirma que, para qualquer cobertura verde, a impermeabilização deve ser checada a cada cinco anos. Já o manejo de massa de vegetação, para qualquer sistema e fabricante, requer manutenção a cada 12 meses, no máximo, para manter a eficiência dos sistemas (REVISTA TECHNE, 2009b, p. 7).

É evidente que para executar o telhado verde juntamente com o projeto de aproveitamento da água da chuva, os cuidados são numerosos, pois devem ser dimensionados e calculados de forma correta, não se esquecendo da escolha certa dos elementos. Tem que levar em consideração a estrutura e o peso adicional devido à saturação do solo nos dias chuvosos, os meios de impermeabilização, o substrato e a vegetação escolhida.

A água captada em ambos os telhados pode ser usada [...] como descargas de vasos sanitários, rega de jardins, lavação de automóveis e calçadas [...] (MARINOSKI, 2007b, p. 13).

Fazendo a conversão da área utilizada nos protótipos com uma residência padrão de 70m², é possível visualizar melhor o quanto de volume será escoado.

Utilizando a mesma inclinação de 30%, e um telhado de duas águas, a área de telhado será de 82,25m². O experimento levado em consideração foi o 3, devido ao maior tempo de ensaio, que foi de 30 minutos. O volume médio escoado no telhado verde foi de 4,69l e o convencional foi de 9,41l. Essa diferença se dá devido ao fato de a cobertura verde reter muita água no substrato, aumentando o teor de umidade do mesmo.

Para a residência em questão, esse volume seria convertido para 385,75l na cobertura verde e 773,97l na estrutura convencional. Isso significa que um volume relevante pode ser captado em ambas os telhados.

5. CONCLUSÕES

(i) A cobertura verde apresentou um escoamento médio de 26,94%, enquanto a estrutura convencional apresentou 82,41%, e essa diferença é considerável.

(ii) Sendo assim, é possível concluir que o telhado verde se mostra uma boa opção para diminuir as enchentes e também os custos com drenagem.

(iii) A água captada pode ser reaproveitada para fins não potáveis como descargas de vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas, limpeza de pátios, calçadas e veículo, entre outros.

(iv) Recomenda-se para futuros trabalhos coletar mais dados nos meses de maior índice de precipitação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6457*: amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

_____. *NBR 7181.* Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. *NBR 9604.* Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. *NBR 15527.* Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BONI, Felipe. *Telhado verde*: uma opção sustentável. Curitiba, 2030studio, 19, fev. 2015. Disponível em: <http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/>. Acesso em: 02 fev. 2017.

CAPUTO, Homero Pinto. *Mecânica dos solos e suas aplicações.* 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

CARDOSO NETO, A. *Sistemas urbanos de drenagem*. [s/d]. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2016

CASTRO, Andréa Souza; GOLDENFUM, Joel Avruch. Uso de telhados verdes no controle quantitativo do escoamento superficial urbano. *Periódico da Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre*, ano IV, n. 7, p. 75-82, jun. 2010.

CIVILIZAÇÃO ENGENHEIRA. *Chuvas*: problemas e soluções. Disponível em: <https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/2016/04/06/chuvas-problemas-e-solucoes/>. Acesso em: 27 dez. 2016.

FABER, Marcos. *História ilustrada:* a importância dos rios para as primeiras civilizações. São Paulo: Ed1, 2011.

FERREIRA, L. A. P. *Análise comparativa do atraso no escoamento, e da quantidade e qualidade de água pluvial escoada em telhado verde extensivo e de fibrocimento.* 2015, 45 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. *Água*: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. Pesquisa científica, 4 p. mar. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000.* Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/drenagem_urbana/dren_urbana87.shtm. Acesso em 25, jan. 2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Patos de Minas–MG*. Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/3833 >. Acesso em: 15, fev. 2018.

JACQUES, Elis. *Spa reaproveita 100% da água captada de chuvas.* Disponível em: <http://atitudesustentavel.com.br/blog/2013/08/16/spa-reaproveita-100-da-agua-captada-de-chuvas/> Acesso em: 09 fev. 2018.

NIELLYHNEDA; BORSATO, Victor da Assunção. A pluviosidade em campo mourão na série 1992 a 2012, in: *I Congresso Nacional de Geografia Física*, 2017, Campinas-SP. *XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Campinas: [s.n.], 2017b, p. 1-6.

MARINOSKI, Ana Kelly. *Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC*. 2007. 118p, il. (Dissertação de TCC em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007a, p.13-21.

REVISTA ATITUDE. Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, ano IV, n. 7, jan, 2010.

Revista de Estudos Ambientais (online), v. 14, n. 2esp, p. 50-56, 2012.

RICCHINI, Ricardo. *Reutilizando água.* [s/d]. Disponível em: <http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-agua/reutilizando-agua/>. Acesso em: 19 fev. 2018

RIBEIRO, Luiza. *Histórico de enchentes no Brasil.* Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/historico-de-enchentes-no-brasil/>. Acesso em: 25 jan. 2017.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos. *Enchentes e deslizamentos:* causas e soluções: área de risco no Brasil: teoria e prática. São Paulo: Pini, 2012.

SILVA, Fabrício Mendes. *Controle do escoamento pluvial com o uso do telhado verde*. 2014, 64 f. (Dissertação de TCC em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2014.

TECHNE. *Telhados verdes*. São Paulo, edição 148, jun. 2009a, p. 1-7.

VARGAS, Milton. *Introdução à Mecânica dos Solos.* São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

Revista Perquirere • 15(3):86-97, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Análise do cumprimento do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT)

Analysis of the fulfillment of the Work Conditions and Environment Program in the Construction Industry (PCMAT)

Kamilla Hyasmin Cruz Rodrigues
Discente do curso de Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). e-mail: kamilla.hyasmin@gmail.com

Reginaldo Pereira de Oliveira
Professor orientador. Docente do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: rpotreinamentos@hotmail.com

RESUMO: O presente artigo avalia o cumprimento do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) em uma empresa localizada na cidade de Patos de Minas. Estudos sobre o setor da construção civil têm bases históricas, pois o ser humano, desde os primórdios até recentemente, está envolvido com os riscos de acidentes no trabalho que podem ocasionar lesões, doenças ocupacionais ou até levar a óbito. Com a evolução das eras e com o surgimento das civilizações, dos governos e das leis, foram criadas inúmeras formas de se evitar esses acidentes ou, ao menos, torná-los menos gravosos aos envolvidos. Dentre essas leis, podemos citar o Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT), que é uma obrigatoriedade estabelecida pela Norma Regulamentadora de número 18 (NR 18), constituída a partir da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho, no ano de 1995. Busca-se aqui avaliar o PCMAT apresentado pela empresa nos anos de 2016/2017 e se este estava de acordo com o que é ordenado na NR 18. Notou-se que a empresa obedece às normas regulamentadoras estabelecidas, apresenta as exigências da norma regulamentadora de número 9, que determina a obrigatoriedade da elaboração e execução do Programa de Prevenção e Riscos Ambientais (PPRA), informando, assim, o agente causador, o risco, a fonte geradora, os meios de propagação e os possíveis danos. Notou-se que o PCMAT da empresa em questão foi elaborado por profissionais legalmente habilitados e respeita cada tópico proposto no programa, apresentando todo o memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho em suas atividades, projetos para o uso de proteção coletiva, utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI), cronograma da obra sobre a implementação, medidas preventivas, projeto do canteiro de obras, dos alojamentos, das instalações para os funcionários da empresa e também o programa de treinamento educacional fornecido pela empresa. Com

visitas regulares nas obras foi notado que os funcionários da empresa recebem treinamentos e respeitam as normas impostas pelo PCMAT. Observa-se que há o devido cumprimento de cada exigência estabelecida no documento vigente (2016/2017).
PALAVRAS-CHAVE: Normas Regulamentadoras. PCMAT. Construção Civil.

ABSTRACT: The article evaluates the fulfillment of the Work Conditions and Environment Program in the Construction Industry (PCMAT) in a company located in the city of Patos de Minas. Studies about the construction industry have historical bases, because since the beginnings until recently, the human being is involved with the risk of accidents at work that can lead to injuries, occupational diseases or even death. With the evolution of the ages and the emergence of civilizations, governments and laws, there were created many ways to avoid accidents or make them less serious to those involved. Among these laws, we can mention the Work Conditions and Environment Program in the Construction Industry (PCMAT), that is an obligation established by Regulatory Norm number 18 (NR 18), constituted from the "Portaria 3214/78" of the Ministry of Labor in 1995. This article aims to evaluate the PCMAT presented by a company in the years 2016/2017 and check if it is in accordance with what is ordained in NR 18. It was noted that the company complies with the established regulatory standards, presents the requirements of the norm n. 9, that determines the obligation to elaborate and execute the Program of Prevention and Environmental Hazards (PPRA), informing, the causative agent, the risk, the generating source, means of propagation and possible damages. It was noted that the PCMAT of the company was prepared by legally qualified professionals and respect each topic proposed in the PCMAT, presents all the memorial about conditions and work environment in its activities, projects for the use of collective protection, use of personal protective equipment (EPI), schedule of the work on the implementation , preventive measures, design of the construction site, housing, facilities for company employees and also the educational training program provided by the company. With regular visits in the works it was noted that the employees of the company receive trainings and they respect the norms imposed by the PCMAT. It is observed that there is due fulfillment of each requirement established in the current document (2016/2017).
KEYWORDS: Regulatory Standards. PCMAT. construction.

1. INTRODUÇÃO

Ao falar em prevenção de acidentes de trabalho, a principal ideia que nos vem à memória é a da segurança no ambiente de trabalho. Esse termo refere-se às medidas propostas visando à garantia da integridade de pessoas, da comunidade, dos bens ou das instituições. Desde os tempos antigos, grande parte das atividades do ser humano envolve riscos em potencial que, frequentemente, se concretizam em lesões que afetam a sua integridade física ou a sua saúde. Estes são riscos profissionais, sendo condições inerentes ao ambiente de trabalho, ou à própria execução das atividades profissionais que direta ou indiretamente possam provocar acidentes. A melhor forma de preparar pessoas para enfrentar tais condições é conscientizando-as através de treinamento (ESPINOZA, 2002, p. 16).

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2014), o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking de doenças e acidentes relacionados ao trabalho, os primeiros lugares são ocupados por China, Índia e Indonésia. O Anuário Estatístico da Previdência Social (2014) apresenta que grande parte dos acidentes e das doenças ocupacionais está no setor da indústria da construção civil (EBC, 2016).

Ferreira e Peixoto (2012) afirmam que o maior causador de acidentes no ambiente de trabalho está relacionado com a falha humana, que inclui todas as atividades realizadas contrariamente às normas de segurança do trabalho. Os autores também afirmam que as muitas empresas falham porque demoram em investir na segurança do trabalhador.

De acordo com Espinoza (2002), a Norma Regulamentadora de número 18 (NR 18) foi idealizada a partir da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho, no ano de 1995, e inseriu novos requisitos obrigatórios para a área da construção, dentre eles o Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT). A NR-18 estabelece aos profissionais da construção civil as obrigações destinadas aos canteiros de obras referentes como alojamento, banheiros e refeitórios.

O PCMAT é obrigatório para os estabelecimentos a partir de vinte funcionários. Noronha (2009) também explica que o PCMAT em muitas ocasiões é um documento que serve apenas para evidenciar o cumprimento de uma obrigação legal. Em grande parte das vezes, ele não agrega quase nenhum valor à gestão da obra. Como consequência, as proteções coletivas e individuais são afetadas, principalmente no que se refere à sua qualidade. O mesmo ocorre em relação às áreas de vivência, quando estas não contemplam seu objetivo de contribuir para a dignidade humana e a cidadania.

O PCMAT é um documento obrigatório para a indústria da construção civil, podendo ser fiscalizado pelo órgão regional do Ministério do Trabalho. Esse documento é um complemento da norma regulamentadora (NR9), que determina a obrigatoriedade da elaboração e execução do Programa de Prevenção e Riscos Ambientais (PPRA). Pelo seu teor, ele necessita ser elaborado por pessoas capacitadas, sendo de suma importância para o empregador e o empregado.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o cumprimento do PCMAT estabelecido pela Norma Regulamentadora de número 18, proposta pelo Ministério do Trabalho, em uma empresa no setor da construção civil localizada na cidade de Patos de Minas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Moterle (2014), a construção civil, um dos meios de trabalho mais antigo do mundo, sempre esteve envolvida com os riscos de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Desta forma, tem ganhado uma importância especial pela legislação, para a segurança do trabalhador desta área.

Segundo Noronha (2009), a indústria da construção civil é considerada diferente das outras indústrias em algumas condições, o que interfere diretamente na economia, destacando-se o porte das empresas, a curta durabilidade das construções, a alta rotatividade da mão de obra, o baixo grau de utilização de processos automatizados, a variabilidade das condições do local de realização da obra, o caráter nômade e o baixo grau de escolaridade e de qualificação dos trabalhadores responsáveis pela produção. Na economia, a construção civil se destaca no cenário nacional e internacional pela grande geração de empregos diretos e indiretos.

2.2. NORMAS REGULAMENTADORAS (NRS)

Segundo o Ministério do Trabalho, as Normas Regulamentadoras são observâncias obrigatórias das empresas, sejam elas privadas ou públicas, e de todos os demais órgãos que possuam funcionários registrados em regime de CLT (Consolidação das Leis do Trabalho). As NRs também servem de base para trabalhadores autônomos, empregados e sindicatos de qualquer categoria profissional.

De acordo com a Portaria n.° 13 (17/09/1993), o órgão nacional competente para orientação, controle, coordenação e supervisão das atividades relacionadas com a segurança e medicina do trabalho é a Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (SSST), também responsável pela Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho (CANPAT) e pelo Programa de Alimentação do Trabalhador (PAT). Além disso, a secretaria também fiscaliza o cumprimento dos preceitos legais e regulamentares sobre segurança e medicina do trabalho em todo o território nacional.

O órgão regional, segundo a Portaria n° 13 (17/09/1993), em relação ao judiciário, é a DRT (Delegacia Regional do Trabalho). Compete à DRT a fiscalização do cumprimento das normas legais e regulamentos referente a segurança e medicina do trabalho.

2.3. NORMAS REGULAMENTADORAS: NR 9

A Norma Regulamentadora de número 9 é a que regulariza o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). A norma deixa claro que a elaboração e a implementação são uma obrigatoriedade do empregador, tendo como objetivo preservar a saúde e a integridade do empregado, reconhecendo, avaliando e controlando os riscos existentes, incluindo a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

O PPRA está interligado ao Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) referente à NR 7. A NR 9 avalia em que medida os riscos ambientais como agentes biológicos, químicos e físicos que estão associados ao ambiente do trabalhador, expondo-o por certo período de tempo ou por toda a sua jornada de trabalho, podem causar danos a sua saúde ou, em piores casos, levá-lo a óbito. A elaboração do PPRA é feita anualmente, sempre estabelecendo metas e respeitando cronogramas.

2.4. NORMAS REGULAMENTADORAS: NR 18

A Norma Regulamentadora de número 18 está relacionada à construção civil e versa sobre o Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, o PCMAT. Ela está determinada às instruções administrativas, ao planejamento e às organizações, com o objetivo de controle e prevenção de segurança no processo e nas condições do ambiente de trabalho na construção civil.

O anexo nº 3 da NR 18 é um documento que deve permanecer no estabelecimento à disposição do órgão regional do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). São obrigatórios a elaboração e o cumprimento do PCMAT em obras com 20 ou mais trabalhadores. A elaboração deve ser feita por um profissional capacitado na área de Segurança do Trabalho.

De acordo com Filgueiras *et al.* (2015), no ano de 2013, das 31.784 empresas fiscalizadas no setor da construção civil foram averiguadas 128.853 irregularidades flagradas desrespeitando as exigências da NR 18.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo de caso foi conduzido em uma empresa localizada na cidade de Patos de Minas-MG, que possui 184 funcionários no setor da construção civil, com obras comerciais de até cinco pavimentos.

Primeiramente foi feito o estudo da NR 18 referente à organização administrativa, aos planejamentos e à implementação de medidas de controle e prevenção de riscos no meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Depois foram feitas visitas regulares no local de estudo, avaliando o cumprimento da empresa e dos empregados referente ao Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT), tendo ficado comprovado que a empresa está em conformidade com a legislação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa possui 184 funcionários com atividades no ramo da indústria da construção civil e, de acordo com a NR 18, a elaboração e o cumprimento do PCMAT são obrigatórios em estabelecimentos com 20 ou mais funcionários.

A NR 18 no tópico 3.1.1. exige que o documento contemple as exigências da NR 9 referente ao Programa de Prevenção e Riscos Ambientais (PPRA). Ao analisar o PCMAT da empresa, vê-se que este segue o que é previsto na norma, apresentando o agente causador do risco, o perigo, as fontes geradoras, os possíveis danos, os meios de propagação, a avaliação de risco e a sugestão de equipamento de proteção coletiva e equipamento de proteção individual (EPC/EPI) especificados para cada setor da empresa.

O documento deve ser elaborado por profissionais legalmente habilitados e capacitados. O PCMAT da empresa, que foi analisado e elaborado pela Técnica de Segurança do Trabalho e aprovado pela Engenheira de Segurança do Trabalho, também contém a identificação da empresa e dos seus responsáveis.

A NR 18, no tópico 3.4, alínea "a", exige que o documento informe condições, meio ambiente de trabalho das atividades e operações, e que descreva os riscos e acidentes de trabalho. No Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção da empresa estão descritas as características de atividades e as definições das etapas da obra e serviços, informando atividades e operações, principais riscos, possíveis danos à saúde e as medidas de prevenção de uma maneira clara e objetiva para que todos entendam.

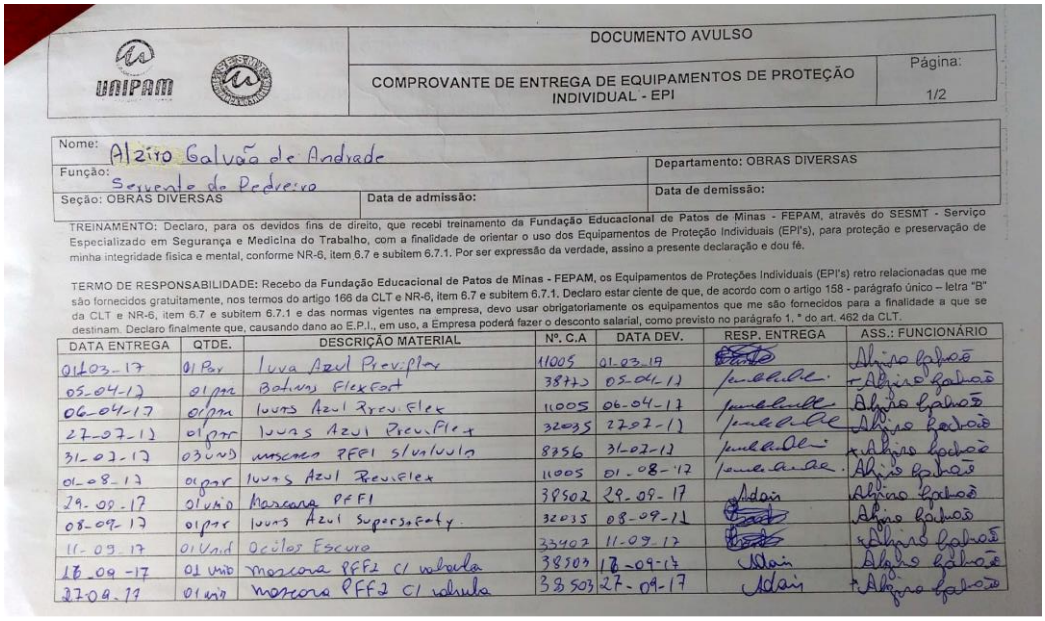
A NR 18, no tópico 3.4, alínea "b", é relacionada aos Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs). A norma exige o projeto de utilização de EPC, em cumprimento das etapas de execução da obra, no PCMAT da empresa, deve ser realizado pelo engenheiro de segurança do trabalho ou pelo engenheiro responsável da obra, e nele deve conter teste de carga, memorial de cálculo e Anotações de Responsabilidade Técnica (ART), descrevendo também quais os EPCs são utilizados:

- Plataforma de proteção,
- Guarda-corpo,
- Proteção de abertura de piso e laje,
- Proteção de escavação,
- Proteção de ponta de vergalhão,
- Linha de vida
- Proteção de entrada de obra,
- Passarelas/ rampas/ escadas,
- Escadas de mão

FIGURA 1. Andaime na reforma no Bloco A (Rodrigues, 2017).

Segundo a norma regulamentadora de número 6, Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são aparelhamentos de proteção que dão segurança ao trabalhador em casos de acidente. O PCMAT informa que a utilização de EPI é de acordo

com a função do trabalhador, especificando-se na planilha de controle dos equipamentos se o uso é obrigatório ou eventual e que os equipamentos são adquiridos por empresa que contém o Certificado de Aprovação (CA), aprovado pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). O PCMAT da empresa descreve qual o tipo de EPI, suas características, utilização e conservação.



UNIPAM

DOCUMENTO AVULSO

COMPROVANTE DE ENTREGA DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI

Página: 1/2

Nome: Alziro Galvão de Andrade

Função: Servente de Pedreiro

Seção: OBRAS DIVERSAS

Data de admissão:

Departamento: OBRAS DIVERSAS

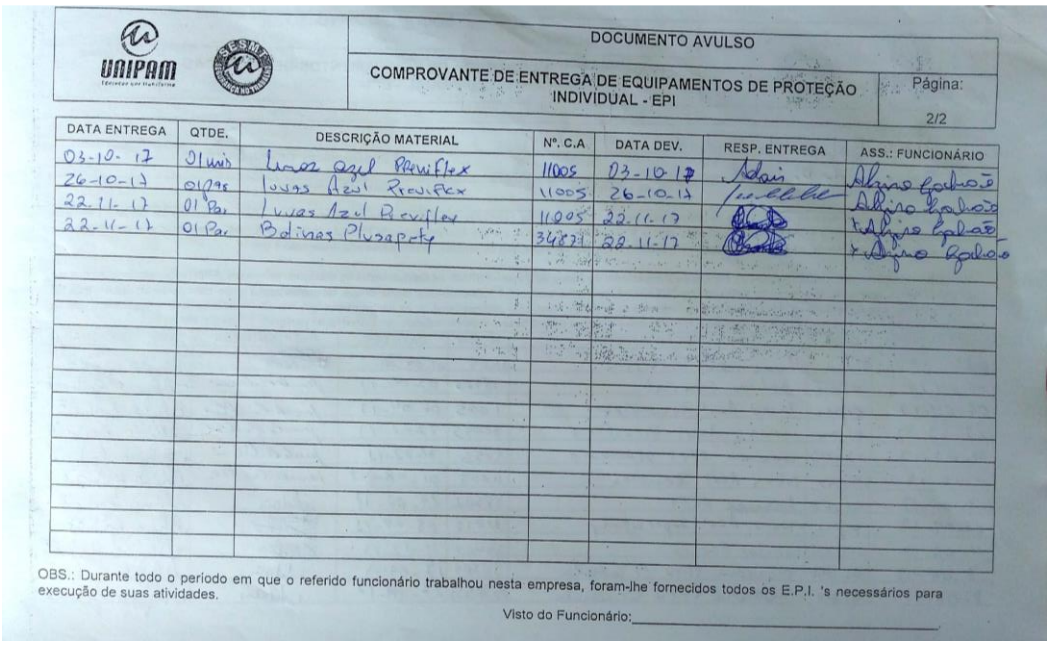
Data de demissão:

TREINAMENTO: Declaro, para os devidos fins de direito, que recebi treinamento da Fundação Educacional de Patos de Minas - FEPAM, através do SESMT - Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho, com a finalidade de orientar o uso dos Equipamentos de Proteção Individuais (EPI's), para proteção e preservação de minha integridade física e mental, conforme NR-6, item 6.7 e subitem 6.7.1. Por ser expressão da verdade, assino a presente declaração e dou fé.

TERMO DE RESPONSABILIDADE: Recebo da Fundação Educacional de Patos de Minas - FEPAM, os Equipamentos de Proteções Individuais (EPI's) retro relacionadas que me são fornecidos gratuitamente, nos termos do artigo 166 da CLT e NR-6, item 6.7 e subitem 6.7.1. Declaro estar ciente de que, de acordo com o artigo 158 - parágrafo único – letra "B" da CLT e NR-6, item 6.7 e subitem 6.7.1 e das normas vigentes na empresa, devo usar obrigatoriamente os equipamentos que me são fornecidos para a finalidade a que se destinam. Declaro finalmente que, causando dano ao E.P.I., em uso, a Empresa poderá fazer o desconto salarial, como previsto no parágrafo 1. ª do art. 462 da CLT.

DATA ENTREGA	QTDE.	DESCRIÇÃO MATERIAL	Nº. C.A	DATA DEV.	RESP. ENTREGA	ASS.: FUNCIONÁRIO
01-03-17	01 Par	luva Azul Previflex	11005	01-03-17		Alziro Galvão
05-04-17	01 par	Botinas FlexFast	38770	05-04-17		Alziro Galvão
06-04-17	01 par	luvas Azul Prev. Flex	11005	06-04-17		Alziro Galvão
27-07-17	01 par	luvas Azul Previflex	32035	27-07-17		Alziro Galvão
31-07-17	03 und	mascara PFFI sluvalula	8756	31-07-17		Alziro Galvão
01-08-17	01 par	luvas Azul Previflex	11005	01-08-17		Alziro Galvão
29-09-17	01 vid	Mascara PFFI	38502	29-09-17		Alziro Galvão
08-09-17	01 par	luvas Azul Supersafety	32035	08-09-17		Alziro Galvão
11-09-17	01 Vid	Oculos Escuro	33407	11-09-17		Alziro Galvão
18-09-17	01 vid	mascara PFF2 c/ valvula	38503	18-09-17		Alziro Galvão
27-09-17	01 vid	mascara PFF2 c/ valvula	38503	27-09-17		Alziro Galvão

FIGURA 2. Comprovante de entrega de EPI do funcionário (Arquivo da empresa)



UNIPAM

DOCUMENTO AVULSO

COMPROVANTE DE ENTREGA DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI

Página: 2/2

DATA ENTREGA	QTDE.	DESCRIÇÃO MATERIAL	Nº. C.A	DATA DEV.	RESP. ENTREGA	ASS.: FUNCIONÁRIO
03-10-17	01 vid	luvas azul Previflex	11005	03-10-17		Alziro Galvão
26-10-17	01 par	luvas Azul Previflex	11005	26-10-17		Alziro Galvão
22-11-17	01 Par	Luvas Azul Previflex	11005	22-11-17		Alziro Galvão
22-11-17	01 Par	Botinas Plusafety	34829	22-11-17		Alziro Galvão

OBS.: Durante todo o período em que o referido funcionário trabalhou nesta empresa, foram-lhe fornecidos todos os E.P.I. 's necessários para execução de suas atividades.

Visto do Funcionário:_____

FIGURA 3. Comprovante de entrega de EPI do funcionário (Arquivo da empresa)

O PCMAT da empresa especifica cada item citado acima, informando de que modo é utilizado, explicando também com ilustrações.

O tópico 3.4, alínea "c", exige os princípios técnicos de proteção individual e coletiva que serão utilizados na obra. A empresa conta com a brigada de incêndio "Os Brigadistas", que auxiliam os profissionais da área. São funcionários de vários setores que são treinados pelo Corpo de Bombeiros. O PCMAT aborda temas sobre a brigada, sobre os extintores portáteis, sua instalação conforme a ABNT NBR 12693 e onde serão instalados. Também é feita a sinalização de segurança interna e externa com cartazes de aviso e atenção e os locais onde são instalados.

FIGURA 4. Extintor de incêndio (Rodrigues, 2017)

O tópico 3.4, alínea "d", deixa clara a obrigatoriedade do cronograma de implementação de medidas preventivas do PCMAT. O cronograma da empresa estava em vigor no período de 2016 a 2017, descrevendo as atividades decorrentes da empresa, e vinha assinado pelo responsável pela empresa e pela implementação do plano de ação.

A NR 18, no tópico 3.4, alínea "e", exige um projeto inicial do canteiro de obras, informando a área de vivência, também na NR 18. O tópico 4.1 da norma determina que os canteiros de obra possuam instalação de sanitários, vestuários, alojamentos, local de refeição, lavanderia, área de lazer. O PCMAT apresenta, além da projeção do canteiro de obras, a locação da área de vivência, de acordo com a NR 18, tópico 3.4. Na área de vivência exige-se a instalação dos sanitários com vaso sanitário, mictório e lavatório, sendo uma instalação a cada 20 funcionários. No caso de chuveiros, a instalação é de uma unidade para cada dez funcionários, o exigido na NR 18, tópico 4.2.4, acatado pela empresa. O PCMAT caracteriza a área

de vivência, informando o local dos vasos sanitários, como deve ser a sua instalação, as dimensões, o tipo de bacia, a caixa de descarga ou válvula automática, se está ligado ao esgoto ou fossa séptica; os mictórios, seu tipo e sua instalação; os vestuários para a troca de roupa dos trabalhadores, as instalações e a sua proporção; o local de refeição, as suas instalações, se ele atende a todos os trabalhadores, se tem ventilação e iluminação, seja essa artificial ou natural, se possuem mesas lisas que possam ser lavadas. A empresa atende ao que é exigindo pela norma, os seus funcionários possuem área de vivência, tendo o local de refeições, vestuários e instalações sanitárias.

FIGURA 5. Equipe dos brigadistas (Rodrigues,2017)

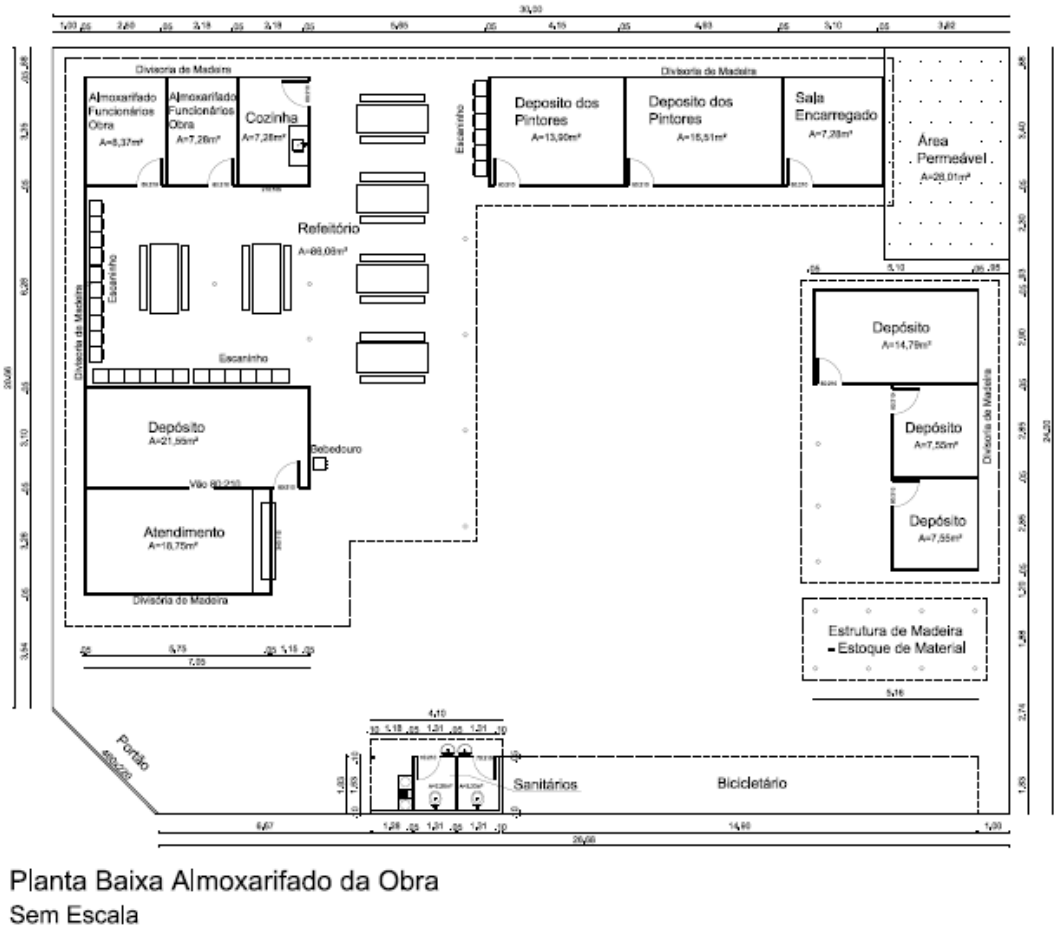


FIGURA 6. Planta Baixa Almoxarifado da Obra Campus I (Rodrigues, 2017)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A NR 18, no tópico 3.4, alínea "f", determina que sejam realizados periodicamente programas educativos em relação à prevenção de acidentes, às doenças do trabalho e à jornada do trabalhador. A empresa atende ao que exige e o PCMAT, contando com um programa em que são ministrados treinamentos para o trabalhador, como, por exemplo, o treinamento de trabalho em alturas de acordo com a NR 35 do TEM, que foi realizado no período de 28 de setembro a 5 de outubro de 2016, com carga horária de oito horas, com todos os trabalhadores que realizam atividades em alturas.

Percebeu-se que o Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) da empresa esteve em vigência até maio de 2017, cumprindo o que é previsto nesta norma regulamentadora. Um aspecto importante para a efetividade do programa foi a identificação da colaboração dos funcionários da empresa na utilização dos equipamentos de proteção individuais e coletivas.

Esse resultado é reflexo de uma boa gestão, que obedece ao cronograma proposto no PCMAT, organizando treinamentos, visita periódica nas obras e que tem respeito ao seu funcionário, estando diretamente ligada à preservação da vida do trabalhador.

FIGURA 7. Construção do novo bloco (Rodrigues, 2017).
FIGURA 8. Construção do Bloco N (arquivo pessoal)

REFERÊNCIAS

ABNT. *Sistema de Proteção Por Extintores de Incêndio.* Acesso em 22/02/2017. Disponível em https://pt.slideshare.net/Rofachina/nbr-12693-sistemas-de-protecao-por-extintores-de-incendio

ARAUJO N. M. C., MELO M. B. F. V. *PCMAT em canteiros de obras de edificações verticais da grande João Pessoa: custos e apropriação.* Departamento de Engenharia de Produção da UFPB, João Pessoa-PB, 7f, 1997.

ARAÚJO, N.M.C., MEIRA, G.C. Utilização da NR-18 em Canteiros de Obras de Edificações Verticais da Grande João Pessoa, in: *XVI Encontro Nacional de Engenharia da Produção*. Anais em CD. Piracicaba, 1996.

ESPINOZA J. W. M. *Implementação de um programa de condições e meio ambiente no trabalho na indústria da construção para os canteiros de obras no sub setor de edificações utilizando um sistema informatizado.* UFSC/Centro Tecnológico, Florianópolis, 107f, 2002.

EBC (Brasil). *Brasil é o quarto no mundo em acidentes de trabalho alerta juízes.* 2016. Acesso no dia (15/10/2018), Disponível em: http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-04/brasil-e-quarto-do-mundo-em-acidentes-de-trabalho-alertam-juizes.

FERREIRA, L.S; PEIXOTO N.H. *Segurança do Trabalho I.* Santa Maria: UFMS, CTISM, Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil, 2012.

FILGUEIRAS, V.A. *et al*. *Saúde e Segurança do Trabalho na Construção Civil Brasileira.* Aracaju: J. Andrade, 2015.

MOTERLE, Neodimar. *A importância da segurança do trabalho na construção civil: um estudo de caso em um canteiro de obras na cidade de Pato Branco.* 2014. 45 f. Monografia 55 (Programa de Pós-Graduação em Engenharia) – Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. *Norma Regulamentadora NR 01 Disposições gerais.* Acesso no dia (23/02/2017). Disponível em http://trabalho.gov.br/

MINISTÉRIO DO TRABALHO. *Norma Regulamentadora NR 06 Disposições gerais.* Acesso no dia (01/03/2017). Disponível em http://trabalho.gov.br/

MINISTÉRIO DO TRABALHO. *Norma Regulamentadora NR 09 Disposições gerais.* Acesso no dia (23/02/2017). Disponível em http://trabalho.gov.br/

MINISTÉRIO DO TRABALHO. *Norma Regulamentadora NR 18 Disposições gerais.* Acesso no dia (23/02/2017). Disponível em http://trabalho.gov.br/

NORONHA R. M. A. *Avaliação qualitativa da implementação da NR-18 nos canteiros de obras de edificações em Belém.* Belém: UFPA, 2009.

Revista Perquirere • 15(3):98-111, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Avaliação do uso de casca de maracujá (*passiflora edulis*) quimicamente modificadas na remoção de cor de efluente têxtil

Evaluation of the use of passion fruitbark (passiflora edulis) chemically modified in the removal of textile effluent color

Willian Geraldo da Silva
Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UNIPAM).
e-mail: williang18@hotmail.com

Dayene do Carmo Carvalho
Doutora em Química pela UFU. Professora do UNIPAM. E-mail: dayenecc@unipam.edu.br

---

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades adsortivas das cascas do maracujá (*passiflora edulis*) modificadas quimicamente, visando o tratamento de efluente têxteis. A fim de se realizar um estudo sobre os efeitos de parâmetros importantes na biossorção de efluentes têxteis, três agentes foram testados em um planejamento fatorial 2^3 (massa (g) tempo (min) e pH). Os testes foram realizados em regime de batelada e em triplicata, as biomassas foram modificadas com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH). Os resultados mostraram que várias interações entre os fatores se mostraram significantes. Analisando a contribuição de cada fator, concluiu-se que as melhores condições operacionais foram obtidas na configuração do binômio massa x tempo para a casca de maracujá modificada com base (CB). Nestas condições, a eficiência de remoção mostrou-se superior a 66%, o que torna o processo de biossorção ainda mais interessante no tratamento de efluentes têxteis.
PALAVRAS-CHAVE: Adsorção. Maracujá. Efluente.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the adsorptive properties of the peel and seeds of passion fruit (*Passiflora edulis*) chemically modified, aiming at the treatment of textile effluent. In order to carry out a study on the effects of important parameters in the biosorption of textile effluents, three agents were tested in a factorial design 2^3 (mass (g), time (m) and pH). The tests were carried out in batch mode and in triplicate; the biomasses were modified with HCl and NaOH. The results showed that interactions among the factors were significant. Analyzing the contribution of each factor, it was concluded that the best operating conditions were obtained in the configuration of the binomial pH x mass for passion fruit seed modified with acid. Under these conditions, the removal efficiency was higher than 75.55%, which makes the biosorption process even more interesting in the treatment of textile effluents.
KEYWORDS: Adsorptive. Passion fruit. Effluents.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, as atividades industriais cresceram descontroladamente, gerando problemas devido à eliminação dos efluentes com alta carga contaminante. Estes, quando não são tratados adequadamente, comprometem substancialmente o ambiente, visto que nem sempre há políticas efetivas que indiquem o descarte e/ou tratamento destes tóxicos com potencial de contaminação (CUNHA, 2014). O segmento têxtil é de grande participação neste cenário, como agente poluidor, pois as indústrias têxteis utilizam em seu processo produtivo água, corantes e produtos químicos, gerando efluentes potencialmente poluidores, com elevada carga orgânica, cor acentuada e compostos tóxicos (ROYER, 2008).

Na indústria têxtil, a água é a matéria-prima mais utilizada na manufatura dos produtos. Assim, os despejos ricos em substâncias orgânicas constituem uma enorme preocupação, sobretudo quanto aos materiais sintéticos e aos metais pesados. Tais resíduos, decorrentes de transformações químicas, devem então ser eliminados e receber tratamento da melhor forma possível em termos de harmonia com o meio ambiente (ANDRADE, 2003).

Do ponto de vista ambiental, a poluição de efluentes por corantes sintéticos é um grande problema, uma vez que alguns corantes e seus produtos de degradação podem ser tóxicos e afetar as atividades de fotossíntese, devido à redução da penetração da luz solar, consequentemente reduzindo a atividade fotossintética (SILVA, 2012).

Os efluentes contaminados devem passar por um tratamento para serem descartados de maneira segura no meio ambiente (BONIOLO, 2008). Existem diversas formas de remover a cor de efluentes têxteis, e os processos mais utilizados são a coagulação/floculação, a oxidação e a adsorção através da adição de inúmeros auxiliares químicos. Esses processos são bastante agressivos ao meio ambiente, os quais geram uma quantidade excessiva de lodo físico-químico composto essencialmente de corantes, sulfato de alumínio, sulfato ferroso, cal e polímeros (ANDRADE, 2003).

Uma boa proposta de tratamento para esses resíduos seria o processo de biossorção, que tem sido relatado como um excelente método para tratar efluentes contendo corantes, oferecendo significantes vantagens em relação aos métodos convencionais (BORBA, 2006). Dentre os biossorventes naturais, destacam-se as cascas e sementes de frutas ou partes de vegetais, que podem ser utilizados como biossorventes para a retenção de elementos potencialmente tóxicos (OLIVEIRA e SILVA, 2011).

Dentre os adsorventes naturais, destacam-se os resíduos do maracujá, sendo o Brasil hoje um grande produtor e exportador dessa fruta. Os principais subprodutos da extração do suco de maracujá são as cascas e as sementes (óleo e torta da extração do óleo), resultantes do processamento do fruto, geralmente não aproveitados, tornando-se um grande problema ambiental (SAMICO, 2010). A minimização do descarte dos resíduos do maracujá é o seu uso como adsorvente, uma

vez que reduz o impacto poluidor que poderia ser ocasionado pelo acúmulo desse material. Além disso, a casca poderá ser usada no tratamento de efluentes.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo central avaliar as propriedades adsortivas das cascas de maracujá (*passiflora edulis*), visando a remoção de cor de efluente de indústrias têxteis, a fim de subsidiar a proposição de alternativas de tratamento com um baixo custo comparado aos sistemas físico-químicos tradicionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. OBTENÇÃO DA BIOMASSA

As cascas de maracujá utilizadas nesse trabalho foram fornecidas pela empresa Novo Pomar Produtos Alimentícios (Frutpres), empresa de beneficiamento de polpa de frutas, localizada na cidade de Presidente Olegário, região do Alto Paranaíba-MG e encaminhadas para o Laboratório da Engenharia Química do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

2.2. PREPARO CASCAS DE MARACUJÁ

Após a obtenção do material, este foi cortado em pedaços de 3 a 4 cm e dispostas à secagem natural, por 24 horas. Logo após, foram levados para estufa, com temperatura de 50º C, onde permaneceram por 72 horas, e posteriormente, o material foi triturado em um liquidificador caseiro. Em seguida, passaram por um processo de peneiras, em que o material com granulometria menor que 9 *mesh* foi utilizado.

Para avaliar a capacidade de adsorção dos materiais para remoção dos corantes têxteis presentes em soluções aquosas, foram realizadas modificações químicas com a biomassa *in natura*.

2.3. MODIFICAÇÃO DOS MATERIAIS COM NAOH E HCL

Depois de secas, as cascas de maracujá foram pesadas em uma balança analítica (cerca de 200g de massa já triturada), e soluções de HCl e NaOH foram preparadas na concentração de 1,0 mol.L^{-1}. Após pesada a biomassa e preparadas as soluções, foram colocados em béquer de 500ml a biomassa (casca de maracujá) e as soluções preparadas. Estes foram deixados em agitação de 175 rpm durante uma hora em temperatura ambiente. A dispersão foi filtrada e o material úmido, seco em estufa na faixa de 50 e 60º C por 72 horas.

Para melhor entendimento, as amostras foram nomeadas de acordo com tipo de tratamento: CA, para aasca de maracujá tratada com HCl, e CB, para casca de maracujá tratada com NaOH. As biomassas foram identificadas e armazenadas em frascos de polietileno ao abrigo de luz, umidade e calor.

2.4. DETERMINAÇÃO DO PONTO CARGA ZERO

Para encontrar o ponto de carga zero, foram preparadas soluções a partir de diluições de ácido HCl 1,0 mol/L e básicas partir de diluições da solução de NaOH 1,0 mol/L, já que ambos os reagentes possuem atividade próxima a sua concentração. Os pHs de cada solução foram ajustados nas faixas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12, com auxílio do pHmetro (modelo Tecnal® TEC2). Posteriormente, foram misturadas 50 mg das biomassas com 50 mL de solução aquosa sob diferentes condições de pH inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12). Após 24 horas de equilíbrio, foi aferido o pH final.

2.5. COLETA DOS EFLUENTES

Os ensaios foram realizados com efluentes coletados de indústrias têxteis localizadas na cidade Patos de Minas/MG. As amostras foram coletadas em recipientes de polietileno e armazenadas em um refrigerador à 4º C, para preservar as características do material, no Laboratório de Química Geral do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

2.6. ESTUDO DE REMOÇÃO

O comprimento de onda de máxima absorbância do efluente foi determinado através de varredura em espectrofotômetro UV-VIS (Thermo Spectronic). Em seguida, foram realizadas as leituras do efluente bruto em cubetas de vidro com comprimento de onda máximo determinado. Assim foi realizado o seguinte cálculo para avaliar a % remoção, conforme Equação 1:

$$\text{Descoloração (\%)} = \frac{(Absi - Amo) \times 100}{Absi} \qquad \text{(Equação 1)}$$

Em que:
A_{bsi} = Absorbância do efluente bruto
A_{mo}= Absorbância da amostra

2.7. PLANEJAMENTO FATORIAL

As condições experimentais para biossorção da cor do efluente têxtil foram determinadas por meio de planejamento experimental a fim de se obterem as condições ótimas do experimento. As variáveis analisadas foram: pH da solução, tempo de contato(min) e massa (g). Assim sendo, o experimento pode ser caracterizado como fatorial 2^3, em que as variáveis foram realizades em triplicata, em regime batelada. A Tabela 1 apresenta as variáveis analisadas no estudo.

TABELA 1. Variáveis e níveis estudados no planejamento fatorial 2^3

Variáveis	Níveis		
	+	0	-
pH	2	6	10
Massa adsorvente (g)	0,1	0,5	1
Tempo (mim)	10	18	30

Os experimentos foram realizados de forma aleatória, e a resposta estudada foi a quantidade em porcentagem da absorbância de cor, realizada em um espectrofotômetro UV-VIS (Thermo Spectronic). A matriz de planejamento está apresentada na Tabela 2.

TABELA 2. Matriz de planejamento para um fatorial 2^3 aplicado ao estudo de remoção de corantes em efluentes têxteis

Ensaio	pH	Massa	Tempo
1	-	-	-
2	-	-	+
3	-	+	-
4	-	+	+
5	+	-	-
6	+	-	+
7	+	+	-
8	+	+	+
9	0	0	0

Para o estudo fatorial, foram adicionadas as quantidades de cascas de maracujá pré-estabelecidas no planejamento em 50,0 mL de efluentes. Os valores de pH (2, 6 e 10) foram corrigidos e ajustados com HCl (ácido clorídrico) e NaOH (hidróxido de sódio) 1,0 mol L^{-1}, com auxílio de pHmetro (modelo, Tecnal® TEC2). As soluções foram agitadas em uma mesa agitadora (modelo, Tecnal® TEC2), com uma velocidade de rotação de 175 rpm. Posteriormente foram filtradas.

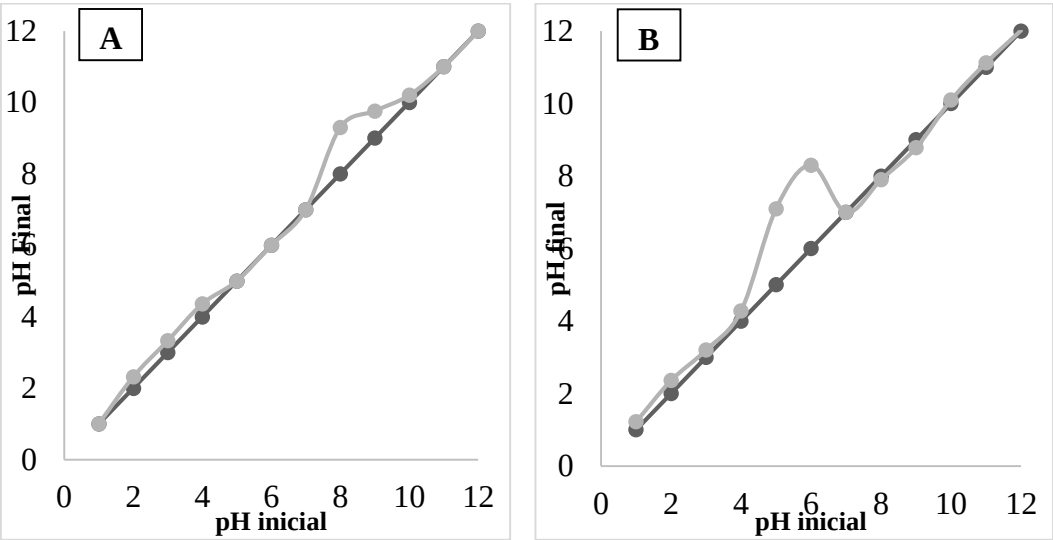
As análises do filtrado obtido do tratamento com as amostras foram realizadas por espectrofotômetro UV-VIS (*Thermo Spectronic*), a fim de se verificar a remoção de cor. A capacidade de biossorção do material foi, de acordo com a equação, a equação 2. Os gráficos e os cálculos foram realizados com o software estatístico *STATISTIC* 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. PONTO DE CARGA ZERO

Primeiramente, obteve-se a caracterização do ponto de carga zero (PCZ). Os resultados foram expressos por meio do gráfico valor de pH_{PCZ} final versus pH_{PCZ} inicial, sendo que o pH_{PCZ} corresponderá à faixa em que o pH_{PCZ} final se mantiver constante (independentemente do pH inicial), ou seja, a superfície comporta-se como um tampão. Na Figura 1, demonstra-se o PCZ do biossorvente cascas de maracujá modificadas.

FIGURA 1. Representação dos pH_{PCZ} da (A) Casca de maracujá modificada com NaOH e (B) casca de maracujá modificada com HCL



Fonte: Autores, (2016)

É possível observar na Figura 1A (casca de maracujá modificada com NaOH) uma faixa praticamente constante que ocorre entre os pH 9,3 e 9,8. Nesta região, a carga total da superfície do biossorvente é nula, em que é denominado o pH_{PCZ} para a casca do maracujá modificada com NaOH (CB). Assim, é possível observar que em pH maior que 9,8, a casca de maracujá apresenta-se negativamente carregada, possuindo a habilidade de adsorver espécies positivamente carregadas, enquanto que em pH menor do 9,3, o material encontra-se positivamente carregado e irá adsorver espécies negativas.

Observou-se na Figura 1B (casca de maracujá modificada com HCL) que a faixa constante está entre os pH 7 e 8,3, representando seu pH_{PCZ} casca de maracujá modificada com HCl (CA).

Honorato *et al.* (2015), estudando mandioca *in natura* como biossorvente do

corante reativo 5g, encontrou ponto de carga zero 5,2 para sua biomassa, mostrando um valor distante do deste estudo. Cunha (2014) teve um valor discrepante ao encontrado neste estudo: o autor investigou a capacidade adsortiva da casca de arroz modificada com ácido fosfórico para remover cor de efluente. Ele obteve resultado de pH 3,2 e 1. Esses valores contraditórios podem ser explicados devido às características das biomassas, bem como o tipo de seu tratamento.

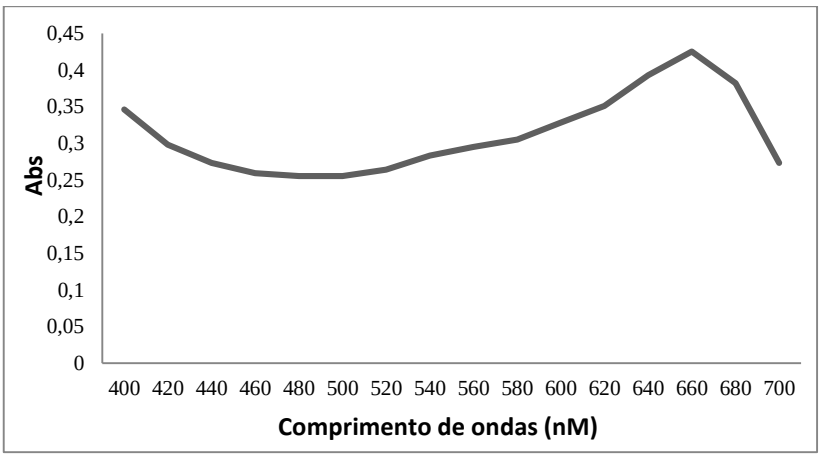
Mimura et al. (2010) estudaram a capacidade de adsorção pela casca de arroz perante o efeito de espécies metálicas. O pH_{PCZ} da casca de arroz foi próximo de 7, porém, em seu estudo não avaliou apenas a adsorção do íon metálico em relação à natureza da superfície do biossorvente, pois o pH de efluentes gerados em indústrias contendo espécies metálicas podem em algumas situações ficar entre 3 e 6.

Considerando que a superfície da casca de arroz apresentou um pH_{PCZ} igual a 7, deve-se esperar que para valores de pH muito menores que este, os grupos superficiais ionizáveis estarão protonados, gerando uma carga líquida positiva que pode causar a repulsão entre a superfície e os cátions em solução, desfavorecendo assim a adsorção.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA CURVA ANALÍTICA

Para a caracterização da curva analítica, foram preparadas soluções do corante em diferentes concentrações quantitativas fixadas, e com o auxílio de espectrofotômetro UV-Visível- Thermo Spectronic, o comprimento de onda para absorção máxima do efluente bruto foi caracterizado, conforme figura 2.

FIGURA 2. Caracterização do efluente *in natura*



Fonte: Autores, (2016)

Conforme representado na figura 2, o comprimento de maior absorbância foi de 660 nm, sendo que este constituiu a faixa utilizada para avaliar a remoção de cor em que os experimentos foram conduzidos. No procedimento de cálculo de

porcentagem de remoção, este foi utilizado durante todos os testes no presente trabalho, para garantir que as variações fiquem relacionadas apenas à remoção e não à leitura diária do equipamento.

Silva et al. (2012) encontraram valor máximo de absorbância próximo ao encontrado neste estudo. Os autores, caracterizando o corante azul remazol, encontraram o comprimento de máxima absorbância ($\lambda_{máx}$), em torno de 595nm, na região do visível,

3.3. PLANEJAMENTO FATORIAL

O uso de planejamento experimental em um processo permite verificar todas as combinações possíveis de vários níveis dos fatores (ou variáveis) estudados, evitando os experimentos tradicionais em que os fatores são variados um de cada vez (BARROS *et al*., 2003).

Ainda nesse contexto, a biossorção em um sistema de batelada geralmente depende de vários fatores, tais como massa do biossorvente (m), acidez do meio (pH), tempo de contato e o biossorvente (t), dentre outras. A otimização de todas essas variáveis utilizando-se o procedimento univariado é morosa, pois para qualquer variável que é otimizada é necessário variar um fator por vez, fixando-se todos os demais. Dessa forma, o melhor valor obtido para esse fator é fixado, e os outros fatores vão ser otimizados sequencialmente, um a um. Além disso, o número total de experimentos a serem realizados no procedimento univariado é muito maior, quando comparado com o planejamento estatístico de experimentos (BRASIL *et al*., 2007). Partindo desse pressuposto, optou-se por utilizar o planejamento fatorial de modo a otimizar o experimento.

Na Tabela 3 são apresentadas as médias dos resultados da análise dos ensaios adsorção do efluente têxtil para as biomassas CA e CB, utilizando-se as variações tempo de contato (mim), massa (g) e pH.

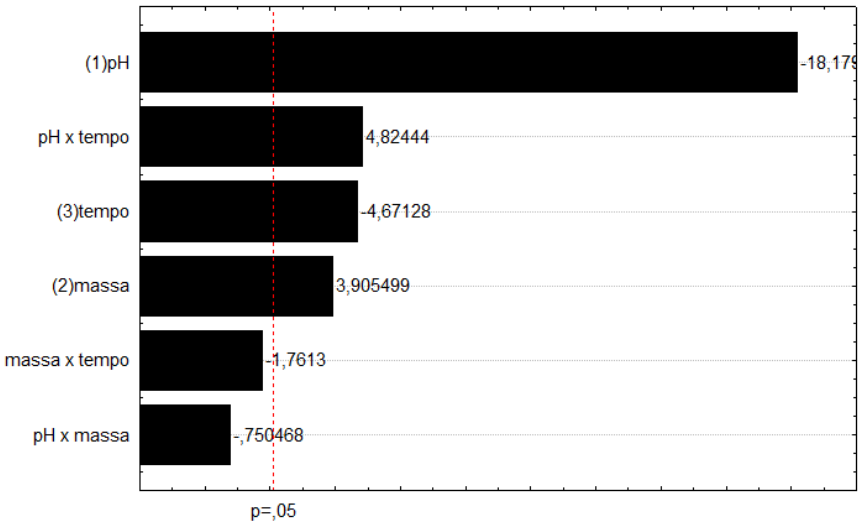
TABELA 3. Media dos resultados dos experimentos do planejamento fatorial com biomassa CA* (Casca de maracujá modificada com HCl) e CB* (Casca de maracujá modificada com NaOH) variando-se tempo de contato (mim), massa (g) e pH

Ensaio	pH	Massa	Tempo	Absorbância (%)CA*	Absorbância (%)CB*
1	-	-	-	54,00	45,00
2	-	-	+	51,00	66,00
3	-	+	-	59,00	58,00
4	-	+	+	51,00	51,00
5	+	-	-	43,00	43,00
6	+	-	+	43,00	60,00
7	+	+	-	44,00	45,00
8	+	+	+	45,00	46,00
9	0	0	0	54,00	45,00

Analisando a Tabela 3, pode-se observar que as melhores situações de remoção de cor neste efluente foram o experimento 3 para o CA e 2 para CB, e ambas situações têm uma coisa em comum: o pH em meio ácido.

A partir da matriz-resposta do planejamento fatorial (Tabela 3), foram gerados gráficos de Pareto para verificar a significância de suas interações nas respostas consideradas. Os gráficos de Pareto para a biomassa casca de maracujá modificada com ácido estão apresentados na Figura 3.

FIGURA 3. Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados em p= 0,05. "A" CA (Casca de maracujá modificada com HCl)



Fonte: Autores, (2016)

Analisando-se a Figura 3, pode-se inferir que o pH foi a variável mais importante do processo global da biossorção do corante, seguido pela interação pH x tempo. O valor negativo atribuído para massa denota que quanto menor for o pH, isto é, em meio ácido, melhores serão as porcentagens de remoção.

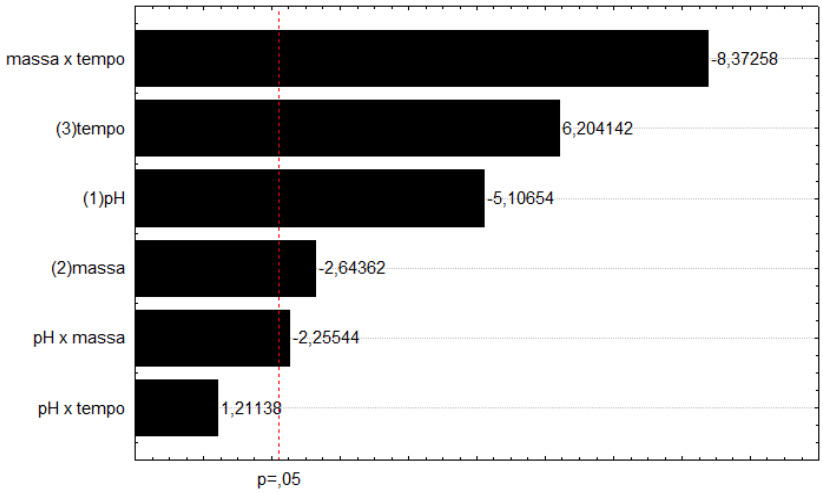
Este resultado corrobora com o pHpcz, o qual justifica a interação entre o adsorvato e o adsorvente, em razão do caráter catiônico efluente têxtil com a superfície negativa dos adsorventes.

Analisando a Figura 4 (na página seguinte), observa-se que a interação entre as variáveis massa e tempo foi a interação mais importante para o processo de remoção. Segundo Brasil *et al.*, (2007), somente a aquisição dessa informação justifica o uso de planejamento estatístico de experimentos sobre o procedimento convencional de otimização univariada. Essa informação jamais teria sido obtida em uma otimização univariada do processo de biossorção.

O segundo fator mais importante foi o tempo, seguido pelo pH. Corroborando com a Figura 3 (CA) foi observado também na Figura 4 (CB) o valor negativo para a variável pH. Dessa maneira, denota-se que seu aumento provoca a diminuição da quantidade de corante removida, demostrando assim maior interação

entre os ânions do corante com a superfície positivamente carregada da biomassa no meio ácido (SCHIMMEL, 2008).

FIGURA 4. Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados em p= 0,05. "A" CA (casca de maracujá modificada com HCL)



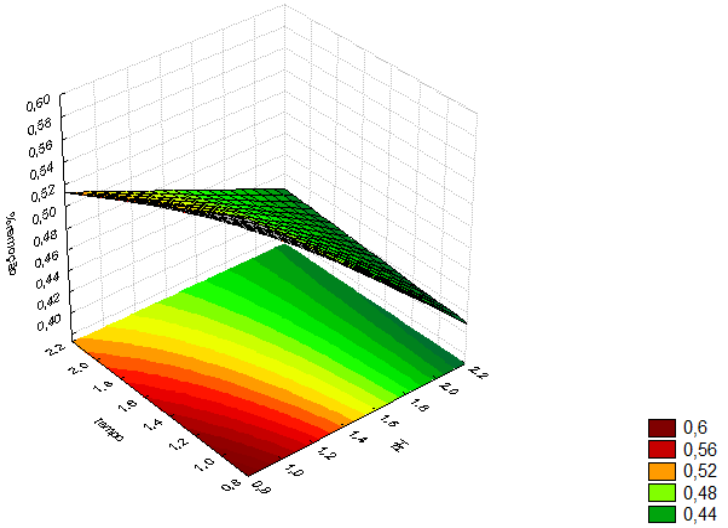
Fonte: Autores, (2016)

Analisando os dois gráficos (Figura 3 e 4) de uma maneira geral, é possível inferir que as variáveis que demostraram maior interação apresentaram-se com valores negativos. Esse sinal negativo indica que à medida que esses fatores aumentam, ocorre um decréscimo na variável resposta. Fazendo um paralelo com as duas biomassas modificadas (CA e CB), é possível observar uma maior tendência delas para o ambiente ácido. Resultado parecido com o deste estudo foi observado por Rocha *et al*. (2012), que estudaram o mesocarpo de coco verde para remoção de corantes cinza. Os autores observaram que a variável mais importante no processo de biossorção foi o pH em meios ácidos.

Para a biomassa casca de maracujá modificada com ácido, foi plotado um gráfico de superfície para avaliar as tendências dos resultados obtidos no planejamento, como pode ser observado na Figura 5 (na próxima página), que demostra que há uma tendência de melhor remoção do corante têxtil no efluente para menor valor de pH consorciado com menores tempo de interação.

De acordo com Royer (2008), melhores porcentagens de remoção em ambientes ácido podem ser explicados devido às interações eletroestáticas entre a superfície do biossorvente que está carregada positivamente, fazendo com que os grupos fenólicos comecem a ficar protonados, com as cargas negativas do corante, com isso, aumentando sua interação e consequentemente as eficiências.

FIGURA 5. Superfície de resposta para a capacidade adsortiva das melhores condições de trabalho, de acordo com o planejamento fatorial 2^3 para a variável remoção (%), usando cascas de maracujá modificadas com ácido clorídrico (HCl) como adsorvente, analisando as variáveis = pH x tempo



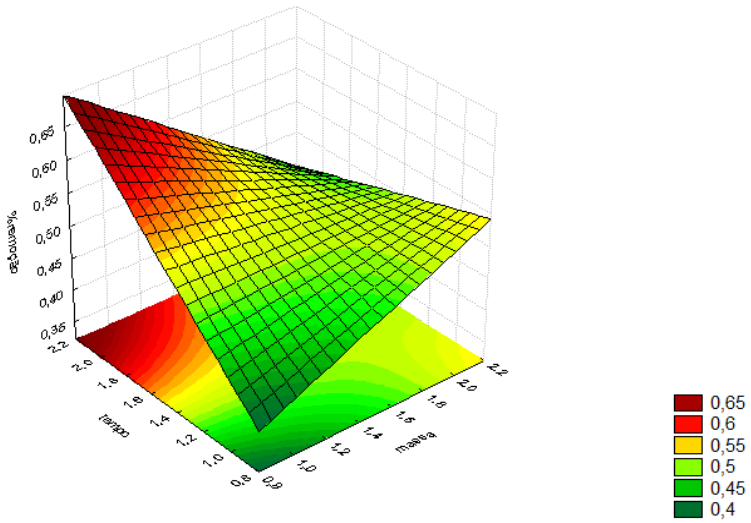
Fonte: Autores, (2016)

Ainda nesse contexto, pode-se fazer uma analogia com o item 3. 1 (ponto de carga zero). Nos experimentos em que o pH_{PCZ} encontrava-se em seu nível baixo (2,0), ocorreu uma alta interação entre o adsorvente e o adsorvato, porque o valor do pH_{PCZ} do CA (igual a 9,8) é maior do que o valor de pH_{PCZ} inicial da solução. De acordo com Marim *et al*. (2015), nessas condições, a superfície do adsorvente encontrava-se carregada positivamente, ou seja, com a mesma carga líquida do corante, favorecendo a interação entre o corante e o adsorvente. Resultados similares foram encontrados por Kimura (2001). O autor avaliou o tratamento de efluentes por adsorção usando quitosana pulverizada e na forma de microesfera, sendo que os melhores resultados foram encontrados em pH_{PCZ}=2,0 com remoção de 90% aplicando 60 g/L de material pulverizado. Foi observado que o adsorvente foi eficiente na remoção de corantes reativos de efluente têxtil em meio ácido.

Para a biomassa casca de maracujá modificada com base, foi plotado um gráfico de superfície para avaliar as tendências das melhores interações resultados obtidos no planejamento (Figura 6, na próxima página).

Analisando o gráfico da Figura 6, é possível inferir que as regiões com coloração vermelha demostram melhores capacidades de adsorção. Dessa forma, o maior tempo consorciado com maiores massas é responsável pelas melhores porcentagens de remoção. De acordo com Filho *et al*. (2008), o tempo de contato está relacionado ao tempo necessário para a realização da reação. Assim, pode-se inferir que melhores resultados podem ser obtidos se se prolongar o tempo de contato.

FIGURA 6. Superfície de resposta para a capacidade adsortiva das melhores condições de trabalho, de acordo com o planejamento fatorial 2^3 para a variável remoção (%), usando cascas de maracujá modificadas com hidróxido de sódio (NaOH) como adsorvente, analisando as variáveis massa x tempo



Fonte: Autores, (2016)

Segundo Rocha *et al.*, (2012) uma maior dosagem de massa significa acréscimo no número de sítios ativos disponíveis para adsorção, o que consequentemente melhora no processo.

Já Brotel (2013) afirma que o aumento da capacidade de adsorção com a quantidade de adsorvente empregada pode estar associado ao aumento da quantidade de sítios ativos necessários para a acumulação e a interação das moléculas do efluente. Além disso, e de acordo com Hameed (2008), nesse estágio, as moléculas de corante já adsorvidas exercem uma repulsão eletrostática sobre aquelas que ainda estão em solução, aumentando a resistência à transferência de massa em volta das partículas de adsorvente.

Fazendo um paralelo com a Figura 5 e 6, pode-se observar que o fator tempo se comportou de maneira antagônica, isto é, enquanto a biomassa CA obteve melhor interação com menor tempo, o CB apresenta maiores capacidades de adsorção com um tempo de contato maior.

Assim, pode-se perceber que a casca de maracujá modificada com ácido obtém rápida adsorção e alcance de equilíbrio em curto período de tempo, por apresentar sua superfície ácida. O fato de o pH_{PCZ} apresentar uma tendência para ambientes básicos faz com que as reações aconteçam mais rápido, já a biomassa modificada com base se comporta de maneira contrária, assim necessitando de um maior tempo de contato para atingir o máximo de remoção.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de cascas de maracujá apresentou-se favorável no tratamento de efluente têxtil. As modificações apresentaram eficiência máxima de 66% e, de acordo com o planejamento, a interação massa *versus* tempo apresentou uma tendência significativa para melhoria do tratamento com o material modificado com base. Assim, é necessário continuar o planejamento para encontrar o ponto ótimo dos parâmetros. As indústrias de suco de maracujá podem empregá-lo com eficiência e baixo custo e economizar no uso de reagentes químicos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. *Remoção de cor de efluentes têxteis com tratamento de lodos ativados e um polieletrólito orgânico*. 2003. 121 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) - Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BRASIL, J. J. *et al*. Planejamento estatístico de experimentos como uma ferramenta para otimização das condições de biossorção de Cu(II) em batelada utilizando-se casca de nozes pecã como biossorvente. *Quim. Nova*, 30(3): 548-553, 2007.

BARROS N, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*. Campinas: Ed. da Unicamp, 2003.

BONIOLO, M. R. *Biossorção de urânio nas cascas de banana*. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em tecnologia nuclear) - Centro de Química e Meio Ambiente, CQMA Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN/CNEN-MCT, São Paulo, 2008.

BOTREL, B. M. C. *Aproveitamento de resíduos agroindustriais na adsorção do corante azul de metileno: aliança favorável entre viabilidade econômica e desenvolvimento sustentável*. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CUNHA, B. S. *Utilização de biossorventes alternativos na remoção de corantes têxteis*. 2014. 55 f. Trabalho conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

FILHO, E. B. S; ALVES, M. C. M. Estudo sobre a utilização da lama vermelha para a remoção de corantes em efluentes têxteis. *Quim. Nova*, 31(5): 985-989, 2008.

HAMEED, B. H. Equilibrium and kinetic studies of methyl violet sorption by agricultural waste. *Journal of Hazardous Materials*, v. 154, p. 204-212, 2008.

HONORATO, A. C. *et al*. Biossorção de azul de metileno utilizando resíduos agroindustriais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(7): 705–710, 2015.

KIMURA, I. Y. *Remoção de corantes reativos contendo grupos vinilsulfona e triazina por adsorção e coagulação/floculação com quitosana*. 198 f. 2001. Dissertação (mestrado em química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MARIN, P. Borba *et al*. Avaliação do efeito da temperatura, ph e granulometria do adsorvente na adsorção do corante azul reativo 5g. *Engevista*, 17(1): 59-68, 2015.

MIMURA, A. M. S. *et al.* Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons CU^{2+}, AL^{3+}, NI^{2+} E ZN^{2+}. *Quim. Nova,* 33(6): 1279-1284, 2010.

OLIVEIRA, R; SILVA, R C. O. *Biossorção de cromo (VI) utilizando cascas de jabuticaba.* 2011. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Curso de Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

ROCHA, O. R. *et al*. Avaliação do processo adsortivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante cinza reativo bf-2r. *Quim. Nova*, 35(7): 1369-1374, 2012.

ROYER, B. *Remoção de correntes têxteis utilizando casaca de semente de araucária angustifólia como biosorvente*. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de química, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SAMICO, G F. *Caracterização física e química de sementes de maracujá (Passiflora edulis Flavicarpa, DEG) e seu aproveitamento integral: óleo e torta.* Dissertação (mestre em Tecnologia de Alimento) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de janeiro 2010.

SCHIMMEL, D. *Adsorção dos corantes reativos azul 5g e azul turquesa em carvão ativado comercial*. 2008. 21f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

SILVA, L. M. *Estudo da potencialidade dos resíduos do umbu, manga e goiaba como bioadsorventes*. 2012. 63 f. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.

SILVA D. S. A *et al*. Adsorção do corante têxtil Azul Remazol por pecíolo de buriti (*Mauritia flexuosa L.f.*)* *Cad. Pesq*., 19 (n. especial): 138-146, 2012.

Revista Perquirere • 15(3):112-121, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Estudo químico do extrato clorofórmico das folhas da *Annona muricata L.*

Chemical study of the chloroform extract of Annoa muricata L. leaves

Maria Luiza da Silva Pereira
Graduanda do curso de Engenharia Química (UNIPAM). e-mail: marialuizapereirab@outlook.com

Karoline Pereira Ribeiro
Mestre em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Professora do UNIPAM. e-mail: karolinepr@unipam.edu.br

---

Resumo: *Annona muricata* L. é uma espécie que possui grandes folhas ovais e esverdeadas. Habita em solos secos, predominantemente dos cerrados. Essa espécie possui uma representatividade na flora brasileira e intenso uso como planta medicinal, possuindo alta atividade antibacteriana e uma ótima ação terapêutica. Devido à grande utilização desta planta na medicina popular, propôs-se uma prospecção química com as folhas de *A. muricata*. Para isso, foram realizados testes para identificação de cumarinas, alcaloides, flavonoides, triterpenos/esteroides, saponinas, quinonas/antraquinonas, taninos, resinas e glicosídeos cardiotônicos. Foi identificada a presença dos metabólitos secundários: alcalóides, saponinas, taninos e esteroides. Esses resultados levam em consideração que os extratos de *Annona muricata* L. testados, podem contribuir para avaliar o potencial farmacológico atribuído à planta. Esses resultados demonstram o potencial dessa espécie tanto para fonte de compostos antibacterianos como de analgésicos, necessitando assim de outros estudos.
PALAVRAS-CHAVE: *A. muricata L.* Extrato. Metabólitos Secundário. Farmacologia.

ABSTRACT: *Annona muricata L.* is a species that has large oval and greenish leaves. It inhabits dry soils, predominantly of cerrado. This species has a representativeness in the Brazilian flora and intense use as a medicinal plant possessing high antibacterial activity and a great therapeutic action. Due to the great use of this plant in popular medicine, it was proposed a chemical prospection with the leaves of *A. muricata*. For this, tests were performed to identify coumarins, alkaloids, flavonoids, triterpenes/steroids, saponins, quinones/ anthraquinones, tannins, resins and cardiotonic glycosides. The presence of secondary metabolites: alkaloids, saponins, tannins and steroids was identified. These results take into account that the extracts of *Annona muricata L* tested can contribute to evaluate the pharmacological potential attributed to the plant. These results demonstrate the potential of this species both for the source of antibacterial compounds and for analgesics, thus requiring other studies.
KEYWORDS: *A. muricata* L. Extract. Secondary metabolites. Pharmacology.

---

1. INTRODUÇÃO

A *Annona muricata L.* pertence à família Annonaceae e ao gênero Annona. É também conhecida como graviola, guanabara, araticum, coração-de-rainha, fruta-do-conde, jaca-do-pará, pinha, entre outros. Os frutos são do tipo baga com polpa mucilaginosa e levemente ácida. Originária da América tropical, principalmente das Antilhas e da América Central, é muito cultivada nos países de clima tropical, inclusive no Brasil (CORREA, 1984; VIEIRA, 2010).

O uso empírico de plantas medicinais por parte da população é milenar, despertando o interesse de muitos pesquisadores e visando o conhecimento sobre novas moléculas que possam ser usadas na terapêutica. O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta, que, associada à rica diversidade étnica, torna o país o cenário ideal para o desenvolvimento de estudos voltados à comprovação de usos populares de plantas (FOGLIO, et al. 2006).

A análise química tem por objetivo conhecer os constituintes químicos de espécies vegetais ou avaliar sua presença. Segundo Falkenberg, Santos e Simões (1999), a triagem química possibilita conhecer os compostos químicos e avaliar a presença dos mesmos em uma determinada espécie vegetal. Para dar continuidade à descrição de um grupo de compostos químicos presentes em uma planta, primeiramente faz-se a extração de substâncias químicas com um determinado solvente, logo conhecido em extrato.

Os metabólitos secundários são considerados como produtos de excreção vegetal, com estruturas químicas e, algumas vezes, propriedades biológicas. Os metabólitos secundários, por serem fatores de interação entre organismos, frequentemente possuem atividades biológicas importantes. Do ponto de vista farmacêutico, o maior interesse deriva essencialmente do número elevado de substâncias farmacologicamente importantes (FALKENBERG; SANTOS; SIMÕES, 2001), como é o caso de alcaloides, saponinas, cumarinas, taninos, entre outros.

De acordo com a medicina popular, todas as partes da árvore da graviola são utilizadas na medicina natural, ou seja, cascas, raízes, folhas, flores e sementes da fruta. Atualmente, o chá da *Annona muricata L.* é utilizado pela população em geral, devido às suas propriedades terapêuticas. A graviola mostra-se, portanto, com um grande potencial farmacológico, do ponto de vista de seu conteúdo de metabólitos secundários, fazendo-se necessário maiores investigações para isolamento e identificação dos compostos de interesse.

A determinação de metabólitos secundários é bastante importante, uma vez que a caracterização da parte orgânica se faz necessária para uma possível indicação alternativa de propriedades farmacológicas. Deste modo, o presente estudo objetivou avaliar a composição química dos extratos de folha da *Annona muricata L.*, nos quais foram realizadas triagem química para a identificação dos metabólitos secundários presentes nesta, observando suas propriedades químicas e avaliando sua capacitação como planta medicinal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A família Annonaceae Jussieu compreende aproximadamente 135 gêneros,

que englobam 2500 espécies, com distribuição marcadamente tropical e subtropical em todo o mundo (LOBÃO *et al*, 2005; JOLY, 1993). A *Annona muricata L* possui árvore de aproximadamente 6 metros de altura, copa pequena e poucos ramos, folhas com disposição alternada e arranjadas em um único plano (filotaxia alterna dística) de tamanho 12-16cm de comprimento por 4-8cm de largura, com presença de pelos de cor ferrugíneos e brilhantes. Esta apresenta flores de aproximadamente 6 cm, de cor amarelada, sépalas em número de três e pétalas dispostas em duas séries de três de coloração amarelada. Os estames e os carpelos numerosos são dispostos em um receptáculo hemisférico, sendo os estames localizados na porção basal e os carpelos na apical (PRANCE; SILVA, 1976; CAVALCANTE, 1976; STEYEMARK *et al.,* 1997).

Estudos químicos com a *A. muricata* conduziram ao isolamento de compostos de diversas classes, tais como acetonemias, alcaloides, terpenoides, carboidratos, polifenois, lipídeos e aminoácidos, sendo que algumas dessas substâncias estão associadas ao sequestro dos radicais livres formados nos processos degenerativos (VILA-NOVA et al., 2013; ANGELO et al., 2007).

Deste modo, a *A. muricata* está relacionada à prática médica popular, mais precisamente no uso de remédios utilizados em sistemas tradicionais e no estudo científico através de ativos biológicos, ou seja, existe uma relação quanto às informações obtidas através do conhecimento popular de plantas medicinais com análises químicas (ELIZABETSKY; SOUZA, 1999)

Nos frutos da *A. muricata* são encontrados açúcares, taninos, ácido ascórbico (vitamina C), pectinas, beta-caroteno (vitaminas A) e complexo B. O óleo obtido do fruto contém ésteres e compostos nitrogenados como as substâncias responsáveis pelo aroma. Estudos químicos revelam que as folhas contêm até 1,8% de óleo essencial rico em gama-cadineno e alfa-elemeno. Nas folhas, casca e raiz, encontram-se diversos alcaloides como reticulinas, coreximina, coclarina e anomurina. Diversas acetogeninas também podem ser encontradas nas folhas, casca e raízes (LORENZI; MATOS, 2002).

São utilizadas na medicina natural todas as partes da árvore da *Annona muricata L.* A literatura etnofarmacológica registra vários usos medicinais baseados no senso comum, que lhe atribui várias propriedades, embora a eficácia e a segurança de suas preparações não tenham sido totalmente comprovadas cientificamente (PEREIRA *et al.,* 2004; REIS, 2011).

O desenvolvimento de pesquisas de base, como a avaliação química, vem sendo utilizado para identificar a presença dos compostos químicos em espécies vegetais, identificando os grupos presentes em uma planta, dentre eles os fenólicos (FALKENBERG, SANTOS & SIMÕES, 1999).

3. METODOLOGIA

3.1. DELINEAMENTO E LOCAL DE ESTUDO

Este foi realizado nos laboratórios de ensino e pesquisa de Química do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Reagentes e equipamentos

Os reagentes utilizados nas análises foram de grau (P.A): acetona (Êxodo científica, Brasil), clorofórmio (Vetec Química Fina, Brasil), etanol, hidróxido de potássio, cloreto férrico, ácido acético, éter etílico, ácido clorídrico, hidróxido de amônio, regentes de Dragendoff, Mayer e Bertrand, ácido sulfúrico, cloreto de alumínio, anidrido acético, água destilada e deionizada, solução metanoica, anisaldeido sulfúrico e cloreto de sódio.

Os equipamentos utilizados foram: Balança analítica da marca Tech Master (modelo BA437/01), estufa da marca odontobras (modelo EL-1.6), moinho de facas da marca Willye (modelo NL-226), extrator de Soxhlet, manta aquecedora da marca Fisatom (modelo 52), bomba d'água da marca Fisatom, evaporador rotatório da marca Fisatom (modelo 802), óculos, máscara.

3.2.1. Coleta e secagem do material vegetal

A coleta da planta *Annona Muricata L.* foi realizada na região de Presidente Olegário-MG. As folhas foram lavadas com água corrente para a retirada de terra, em seguida envolvidas com o papel kraft e levadas à estufa com uma temperatura de 40° C, para total remoção residual. Após a secagem, o material foi triturado em um moinho de facas até a obtenção do pó, originando a matéria-prima analisada.

3.2.2. Extração por extrator de Soxhlet

Uma amostra das folhas secas de *Annona muricata,* com aproximadamente 6g da matéria-prima foi submetida à extração em um extrator tipo soxhlet, com cerca de 300 mL de clorofórmio, durante 9 h. Este procedimento foi repetido mais quatro vezes, e após submeter-se ao roto-vapor, finalizou-se com um total de 4g de extraído.

O mesmo procedimento foi repetido, porém, a amostra das folhas de *Annona muricata* se encontrava in natura. Utilizou-se aproximadamente 6g da matéria-prima que foi submetida à extração em um extrator tipo soxhlet, com cerca de 300 mL de clorofórmio, durante 9h. Este procedimento foi repetido mais quatro vezes, e após submeter-se ao roto-vapor, finalizou-se com um total de 5,5 g de extraído.

3.3. ESTUDO QUÍMICO DOS METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

Para a realização dos testes de metabólitos secundários, foram realizadas com o extrato clorofórmio, submetendo aos testes químicos, conforme metodologia de Bessa, Terrones, Santos (2007).

TABELA 1. Testes para identificação dos metabólitos secundários

Metabólito secundário	Teste
Cumarinas	Keller-killiani e teste de identificação (lâmpada UV).
Alcaloides	Dragendorff, Mayer e Bertand.
Flavonoides	Shinoda, Cloreto de Alumínio e Pew.
Triterpenos/Esteroides	Liebermann-Burchard.
Saponinas	Testes da espuma, Rossol e Komarovisk.
Quinonas/ Antraquinonas	Bornträngер direta e com prévia hidrólise ácida.
Taninos	Cloreto férrico 10% e o teste de precipitação em gelatina incolor.
Resinas	Preparação de um extrato hidro alcoólico e após a filtragem do mesmo adiciona-se água e leva ao aquecimento.
Glicosídeos cardiotonios	Liebermann- Burchard e Keller-killiani.

Fonte: Bessa, Terrones e Santos (2007).

3.3.1. Identificação de cumarinas

Foi realizada a reação de Keller-Kiliani (ácido acético glacial, numa gota de cloreto férrico a 5% em metanol e ácido sulfúrico concentrado). Em um tubo de ensaio foram colocados 2,0 mL da solução metanólica e 3 gotas do extrato clorofórmio de *Annona muricata*, tampado com papel de filtro impregnado em solução 10% 12 de NaOH, levando ao banho de água a 100° C por alguns minutos. Removendo o papel de filtro, examinou-se sob luz UV. A fluorescência amarela indica a presença de cumarinas (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007)

3.3.2. Identificação de alcaloides

A 2,0 mL da solução metanólica foram adicionados 2,0 mL de HCl (10%). Essa mistura deve ser aquecida por 10 minutos, juntamente com 3 gotas do extrato clorofórmio de *Annona muricata*. Esperando esfriar, filtrou-se, dividindo o filtrado em três tubos de ensaios, acrescentando algumas gotas dos reativos de reconhecimento: Dragendorff, Mayer e Bertand. Uma leve turbidez ou precipitado (respectivamente roxo a laranja, branco a creme e marrom) evidenciou a possível presença deles (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.3. Identificação de flavonoides

Foram colocados em um tubo 2,0 mL da solução metanólica, alguns fragmentos de Mg e agregados, pelas paredes do tubo, algumas gotas de HCl diluído

juntamente a 1 mL do extrato clorofórmio de *Annona muricata*. Observou-se a coloração, que varia para as diferentes estruturas (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.4. Identificação de esteroides e triterpenos

A 2,0 mL da solução metanólica foram adicionados 5,0 mL de clorofórmio, filtrando e dividindo o filtrado em duas porções. Em cada um dos tubos realizaram-se as reações de Liebermann Burchard e Salkowski, acrescentadas ao extrato clorofórmico de *Annona muricata*. Os triterpenos desenvolvem coloração estável e os esteroides desenvolvem coloração mutável com o tempo (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.5. Identificação de saponinas

Em 1 mL do extrato clorofórmio de *Annona muricata* foram adicionados 2,0 mL da solução metanólica e adicionados 5,0 mL de água fervendo. Ao esfriar, o composto foi agitado vigorosamente e deixado em repouso por 20 minutos. Classifica-se a presença de saponinas pela formação de espumas (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.6. Identificação de taninos

Em 1 mL do extrato clorofórmio de *Annona muricata* foram adicionados 2,0 mL da solução metanólica e adicionados 5,0 mL de água destilada. Foi filtrada e adicionada 1 ou 2 gotas de solução de cloreto férrico a 10%. A coloração azul indica possível presença de taninos hidrolisáveis, e a coloração verde, de taninos condensados (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos testes realizados em laboratório, foram determinados os princípios ativos presente ao extrato de clorofórmio das folhas de *Annona Muricata L. in natura,* observando resultado positivo para alcaloides, saponinas, taninos e esteroides. Para as folhas secas a 40°C observou-se resultado positivo para alcaloides, taninos e esteroides, divergindo o teste de saponinas na avaliação das folhas (Tabela 2, na página seguinte). Os resultados foram comparados com a literatura *Alfaia; Almeida (2015).

Ballvé (1985) ressalta que, na obtenção dos alcaloides, quando há evidência de uma leve turbidez ou precipitado, isso indica presença deles, o que foi visualizado neste experimento, obtendo-se um resultado positivo para os testes com a folha seca a 40° C e *in natura*.

Para as saponinas, é necessária a presença de espuma. Esse aspecto foi confirmado nos testes com as folhas *in natura*, divergindo com o resultado encontrado com extrato das folhas secas a 40º C. Esta diferença de resultado pode ter ocorrido em função do calor, que teria degradado a propriedade química.

Para taninos a coloração azul representa presença de taninos hidrolisáveis,

e a verde, de taninos condensados. Para este estudo, os extratos tiveram presença apenas de taninos hidrolisáveis, em ambos extratos. Porém, divergiram com os resultados encontrados de Alfaia e Almeida (2015), que apresentaram negativo para taninos, podendo esta ser justificada pela diferença de região ou metodologia utilizada.

TABELA 2. Avaliação dos princípios ativos encontrados nas folhas da espécie *Annona Muricata L.*

Metabolitos Secundários	**Folhas de *Annona Muricata* L. *in natura***	**Folhas de *Annona Muricata L.* seca a 40° C**	**Folhas de *Anona Muricata L.***
Cumarina	-	-	-
Alcaloides	+	+	+
Flavonoides	-	-	-
Saponinas	+	-	+
Taninos	+	+	-
Esteroides e Triterpenos	+	+	+

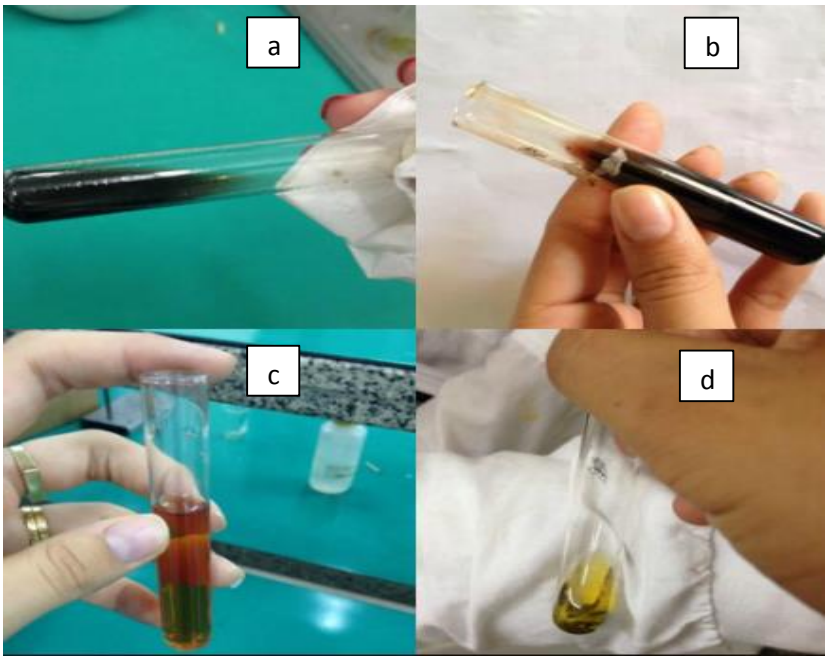
Fonte: Dados do autor, 2017. *Alfaia; Almeida, 2015.

O teste para triterpenos foi identificado por coloração, que varia de vermelho a marrom, sendo resultado positivo. Soldi (2007, p. 14) diz que "triterpenos são compostos caracterizados por exibir uma ampla faixa de atividades biológicas incluindo atividade antioxidante, antialérgica, anti-inflamatória, antitumoral, antibacteriana, antinociceptiva, gastroprotectiva, hepatoprotectiva e cardioprotectiva".

A presença de metabólitos secundários na planta nos indica a presença de constituintes que podem ser utilizados em diversas enfermidades. É o caso dos alcaloides que, devido à presença de nitrogênio, em sua maioria apresentam propriedades essenciais e forte atividade fisiológica (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). As plantas que possuem saponinas são empregadas também por sua ação mucolítica, diurética e depurativa (TESKE; TRENTINI, 1995). Os taninos exercem ação adstringente, antidiarreica e antisséptica (TESKE; TRRENTINI, 1995).

Em síntese, a avaliação química feita através da metodologia de Bessa, Terrones e Santos (2007), que obtiveram resultados positivos com relação à presença de alguns metabólitos secundários, como alcaloides, saponinas, taninos hidrolisáveis, esteroides e triterpenos. Na figura 1, apresentam-se as imagens destes resultados realizados em laboratório.

FIGURA 1. Resultados dos princípios ativos encontrados nas folhas da espécie *Annona*: taninos (a), esteróides e triterpenos (b), alcaloides (c) e saponinas (d)



5. CONCLUSÃO

De acordo com resultados encontrados neste estudo, constatou-se que as classes de metabólitos secundários presentes em *A. muricata* são alcaloides, saponinas, taninos hidrolisáveis, esteroides e triterpenos, os quais apresentam atividades farmacológicas contra várias doenças descritas na literatura, sendo também os mesmos já descritos em vários estudos realizados com as diversas espécies deste gênero. Esses resultados demonstram o potencial dessa espécie tanto para fonte de compostos antibacterianos como de analgésicos, necessitando assim de outros estudos.

Dessa forma, é de grande importância obter a avaliação microbiológica, e a verificação do efeito anticarcinogênico associada à farmacognosia pode fornecer subsídios para investigação da atividade fitoterápica dessa planta.

REFERÊNCIAS

ALFAIA, Daiani Patrícia Silva; ALMEIDA, Sheylla Susan Moreida da Silva de. *Avaliação fitoquímica, análise citotóxica e antimicrobiana do extrato bruto etanólico das folhas de Annona muricata L. (Annonaceae).* 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v-6, p-26-30>. Acesso em: 23 out. 2017.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. *Revista do Instituo Adolfo Lutz*, 66(1): 1-9, 2007.

BALLVÉ, C. A. *et al* Levantamento fitoquímico de alguns vegetais utilizados na medicina popular do Rio Grande do Sul, Caderno de Farmácia, 1(2): 83-94, 1985. Disponível em: http://pesquisa.bvsalud.org/brasil/resource/pt/lil-31767. Acesso em: 02 jul. 2017.

BESSA, Tatiana; TERRONES, Manuel Gonzalo Hernandez; SANTOS, Douglas Queiroz. *Avaliação fitotóxica e identificação de metabólitos secundários da raiz de Cenchrus echinatus.* 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/3873/2878>. Acesso em: 02 mar. 2017.

CAVALCANTE, P.B. *Frutas comestíveis da Amazônia*. 2 ed. Belém: Ed. Museu Paraense Emilio Goeldi, 1976, p. 24-26.

CORRÊA, M. P. *Dicionário de plantas medicinais do Brasil e das exóticas cultivadas.* Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de desenvolvimento Florestal, v. 6, n. 3, p. 646. Graviola do Norte, 1984.

ELISABETSKY, Elaine; SOUZA, Gabriela Coelho. "Etnofarmacologia como Ferramenta na Busca de Substâncias Ativas", in: *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1999, pp. 107-108.

FALKENBERG, Miriam de Barcellos; SANTOS, Rosana Isabel; SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira. "Introdução à Análise Fitoquímica", in: *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1999.

_____. "Introdução à Análise Fotoquímica", in: SIMÕES, C. *et al*. *Farmacognosia*: da planta ao medicamento. in: *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ Editora da UFSC, 1999.

FOGLIO, Mary Ann. et al. *Plantas medicinais como fonte de recursos terapêuticos*: um modelo multidisciplinar. Campinas-SP: Divisão de Fitoquímica, CPQBA/UNICAMP. Disponível em: http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_07/a_04_7.pdf. Acesso em: 29 jan. 2017.

JOLY, A. B. "Botânica", in: *Introdução à toxamonia vegetal*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1993

LOBÃO, A. Q.; ARAÚJO, D. S. D.; KURTZ, B. C. Annonaceae das restingas do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 56(87): 85-96, 2005.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. *Plantas medicinais do Brasil nativas e exóticas*. Nova Odessa: Ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2002, pp. 60-61.

PEREIRA, R. C.; OLIVEIRA, M. T. R.; LEMOS, G. C. S. Plantas utilizadas como medicinais no município de Campos de Goytacazes-RJ. *Revista Brasileira de Farmacognosia*,

14(1): 40-44, 2004.

PRANCE, G.T.; SILVA, M.F. *Árvores de Manaus*. Manaus: Ed. INPA, 1975, p.44-48.

REIS, C. N. *Annona muricata:* analise química e biológica dos frutos de gravioleira. Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2011. 150p.

ROBBERS, J; SPEEDIE, M. K; TYLER, V. E. *Farmacognosia e Farmacobiotecnologia*. São Paulo: Premier, 1997.

STEYEMARK, J.A. *et al*. « Annonaceae" *in:* STEYEMARK, J.A. *et al*. Flora of the Venezuelan Guayana. St. Louis: Ed. The Missouri Botanical Garden Press, 1997, vol. 2.

STASI, L. C. *Plantas medicinais: arte e ciência*. Um Guia de Estudo Interdisciplinar. São Paulo: Unesp, 1995.

TESKE, M; TRENTINI, A. M. *Herbarium*: compêndio de Fitoterapia. 3 ed. Curitiba: Herbarium Laboratório Botânico, 1995.

VILA-NOVA, N. S. *et al*. Different susceptibilities of *Leishmania spp*. promastigotes to the *Annona muricata* acetogenins annonacinone and corossolone, and the Platymiscium floribundum coumarin scoparone, *Experimental Parasitology*, v. 133, p. 334-338, 2013.

VIEIRA, G. H. F. *et al*. Antibacterial effect (*in vitro*) of *Moringa oleifera* and Annona muricata against gram positive and gram negative bacteria, *Revista do Instituto de Medicina Tropical*, 52(3): 129-132, maio/jun., 2010.

Revista Perquirere • 15(3):122-134, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Nanopartículas de prata: síntese, caracterização e aplicação como agente antibacteriano

Silver nanoparticles: synthesis, characterization and application as antibacterial agent

Isadora Ferreira Caixeta
Graduanda do curso de Engenharia Química do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. e-mail: isadora-caixeta@hotmail.com

Sandra Lúcia Nogueira
Doutora em Física pela UFU. Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: sandraln@unipam.edu.br

Maria Rejane Borges de Araújo
Especialista em Educação Ambiental pelo UNIPAM. Professora coorientadora (UNIPAM).
e-mail: mariarejane@unipam.edu.br

RESUMO: Nanopartículas de prata (AgNP) têm se destacado no âmbito nanotecnológico devido a sua atividade antimicrobiana. Os microrganismos contaminantes são um risco para a sociedade, fazendo das suas habilidades de resistência a agentes microbianos comuns um problema à saúde humana. As AgNP são apresentadas como um potencial antimicrobiano, demonstrando assim, a necessidade de estudo e desenvolvimento de novos produtos baseados nelas. Este estudo pretendeu sintetizar AgNP em membranas, caracterizando-as através das análises de MEV e espectroscopia UV-vis e avaliar a atividade antimicrobiana desta sobre a bactéria *Escherichia coli*, através da filtração de águas contaminadas. A síntese química foi capaz de reduzir nanopartículas com diâmetros de 40-60 nm, e estas demonstraram eficiência na inibição do crescimento bacteriológico, apresentando um potencial agente antimicrobiano para o tratamento de águas poluídas por microrganismos patogênicos.
PALAVRAS-CHAVE: Nanopartículas de Prata. Atividade antibacteriana. *Escherichia coli.*

ABSTRACT: Silver nanoparticles (AgNP) have been highlighted in the nanotechnological scope due to their antimicrobial activity. Contaminating micro-organisms are a risk to society, making their resistance skills to common microbial agents a problem to human health. The AgNP are presented as a potential antimicrobial, thus demonstrating the need to study and develop new products based on them. This study consists of synthesizing AgNP in membranes, characterizing them through SEM analyses and UV-vis spectroscopy and evaluating antimicrobial activity against the *Escherichia coli* bacteria through the filtration of contaminated water. The chemical synthesis was able to reduce nanoparticles with diameters of 40-60 nm, and these showed efficiency in inhibition of bacteriological growth,

presenting a potential antimicrobial agent for the treatment of water polluted by pathogenic micro-organisms.
KEYWORDS: Silver nanoparticles. Antibacterial activity. *Escherichia coli.*

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia, em seus vários campos de atuação (engenharia, medicina, biologia, farmacêutica), tem contribuído para o desenvolvimento de novos materiais, técnicas e sistemas, através do controle, síntese e reestruturação em escalas nanométricas ($1x10^{-9}$ m) de materiais de nível atômico e molecular (ROCO; WILLIAMS; ALIVISATOS, 2000; DONALDSON; STONE, 2000). Apesar da visão de um mundo com nanomateriais ter sido apresentada em 1959 pelo físico Richard Feynman, em seu discurso do Prêmio Nobel, foi apenas no século 21 que as pesquisas e a produção destes se intensificaram, tornaram-se globais (ROCO; WILLIAMS; ALIVISATOS, 2000).

As nanopartículas se diferem das macromoléculas de mesmo material, apresentando uma maior superfície de contato, novas propriedades físicas e químicas, chamando assim a atenção da comunidade científica (GHOSH CHAUDHURI; PARIA, 2011). Nanopartículas de metais nobres se destacam, devido a suas múltiplas aplicações e ações, e as nanopartículas de prata particularmente apresentam atividade óptica (EVANOFF; CHUMANOV, 2005), catalítica (TSUJINO; MATSUMURA, 2005; GANGULA et al., 2011), condutora (LI; WU; ONG, 2005) e antimicrobiana, atividade com maior ênfase de pesquisas (LOK et al., 2007; PRABHU; POULOSEV, 2012; PAL; TAK; SONG, 2007).

A constante descoberta e desenvolvimento de novos agentes microbianos se faz necessária diante da incrível habilidade de resistências das bactérias. A adaptação destas a diferentes ambientes e circunstâncias têm aumentado nos últimos anos, diminuindo a eficácia no uso de pesticidas, antibióticos, materiais biocidas e outros meios conhecidos de combatê-las (SILVEIRA, 2009; SONDI; SALOPEK-SONDI, 2004).

Águas contaminadas por microrganismos apresentam risco à sociedade, principalmente se forem ingeridas. Tendo a resolução nº 357 do CONAMA como referência, esta exige que sejam desinfestadas as águas que contenham organismos potencialmente patogênicos. Estes podem comprometer a saúde e o bem-estar humano, causando doenças como enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas, sendo as principais bactérias responsáveis por elas a *Salmonella spp.*, a *Shigella spp.*, *Escherichia coli e* a *Vibrio cholerae* (BRASIL, 2014).

O presente trabalho visa sintetizar nanopartículas de prata (AgNPs) através da redução química com borohidreto de sódio; estudar a eficiência da atividade antimicrobiana destas contra a bactéria *Escherichia coli*, através da filtração de águas contaminadas em membranas de éster celulose impregnadas com AgNPs; utilizar de análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia

UV-visível para caracterizar a síntese das nanopartículas; além de analisar o crescimento bacteriológico nas membranas, através da técnica de ausência/presença, após sua utilização para filtração.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A visão da emergência do campo nanotecnológico, diante do cenário de inovação tecnológica e científica, levou em 1999 o governo dos Estados Unidos da América a criar um programa de incentivo para tal, instituindo uma estratégia para o desenvolvimento e pesquisas nesta área (ROCO; WILLIAMS; ALIVISATOS, 2000). No Brasil essa preocupação partiu da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), que promoveu diversas atividades a partir de 2006, para mesclar a nanotecnologia e as necessidades industriais, promovendo assim, no ano de 2010, em parceria com a CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos), um planejamento do estudo prospectivo da nanotecnologia.

De acordo com o Relatório Anual viabilizado para a *National Nanotechnology Initiative* (2016; 2017), nos EUA, foram investidos em nanotecnologia mais de U$ 15 bilhões em 2014 e em torno U$14 bilhões em 2015. Nesses dois anos, as pesquisas relacionadas com a síntese de nanopartículas de prata e suas aplicações foram as de maior relevância no *National Institute of Standards and Technology*, sendo disponibilizados a este mais de U$ 53.6 bilhões para estudos.

As principais rotas para a produção de nanopartículas de prata (AgNPs) envolvem processos físicos ou químicos. O primeiro geralmente ocorre através da reação de evaporação/condensação dentro de um forno tubular, à pressão atmosférica (JUNG *et al*., 2006). Infelizmente o uso desse equipamento é desvantajoso em termos de ocupação do espaço físico, de alto consumo de energia e de aumento da temperatura ambiente. Em sua pesquisa, Jung *et al*. (2006), utilizaram um pequeno aquecedor de cerâmica com área de aquecimento local, contornando assim as inconveniências mencionadas. Em sínteses físicas modernas, a técnica de ablação a laser é utilizada no material em solução, sendo vantajoso pela ausência de reagentes químicos na solução, garantindo pureza às AgNPs (DELL'AGLIO et al., 2016; ZULIN et al., 2017; VALVERDE-ALVA et al., 2015).

No processo químico predomina a reação de redução dos íons de prata, para a síntese das AgNPs, empregando citrato e borohidreto de sódio como redutores (KAMAT; FLUMIANI; HARTLAND, 1998; HE; KUNITAKE; NAKAO, 2003). Essa abordagem leva à formação de nanopartículas instáveis, além de aglomerados. Para evitar essas complicações, é comum a utilização de agentes estabilizadores e matrizes de sustentação como filmes (POREL *et al*., 2007; LIANG *et al*., 2014), espumas (JAIN; PRADEEP, 2005) e membranas (HE; KUNITAKE; NAKAO, 2003; SON; YOUK; PARK, 2006).

Devido ao risco e à toxicidade dos métodos comumente utilizados, surgiu a necessidade do desenvolvimento de sínteses baseadas na química verde, que não apresentam potenciais riscos biológicos ao ambiente. A maioria das biossínteses

envolve reações de redução/oxidação, nas quais são adotadas agentes ecologicamente viáveis como, bactérias, fungos e extrato de plantas (KALISHWARALAL *et al*., 2008; PRABHU; POULOSE, 2012).

A prata (Ag) e seus íons (Ag^+) vêm há séculos sendo estudados, por causa de suas atividades contra microrganismos. Em estudo realizado por Modak e Fox (1973), foi relatado o mecanismo de ação antibacteriano da prata, no qual os íons de Ag se ligam às moléculas de DNA das bactérias, inibindo assim o crescimento das colônias. Russell e Hugo (1994) propuseram também que a forte reação da Ag com o grupo tiol (sulfidrila, –SH) provocaria mudanças na estrutura celular das bactérias, e por consequência, levaria à morte destas. Posteriormente foi comprovado experimentalmente por Liau *et al*. (1997) que esta interação é essencial no combate destas.

As nanopartículas de prata (AgNPs) apresentam melhor eficiência antibacteriana quando comparadas com a Ag e Ag^+, pois possuem maior superfície de contato com os microrganismos (KANG *et al*., 2016), entretanto, seu mecanismo de ação ainda não é totalmente compreendido.

Pal, Tak e Song (2007) demonstraram que as AgNPs, através da absorção de Ag^+ pelas membranas celulares, inibem a respiração enzimática das células bacterianas, formando espécies de oxigênio reativas, deteriorando-as. Esta ação pôde ser observada pela formação de "nódulos" pretos ao redor da superfície celular. O mesmo efeito foi constatado também por Sondi e Salopek-Sondi (2004), que apresenta o mecanismo de ação das AgNPs, relacionado com a liberação de moléculas de lipopolissacarídeo (LPS), as quais modificam a permeabilidade da membrana celular, causando degradação estrutural.

As doenças causadas por bactérias patogênicas, vírus e protozoários se tornaram comuns e se propagaram por todo o mundo, apresentando um risco à saúde humana, quando presentes na água. Contanto que esta esteja contaminada, as doenças podem ser contraídas desde a inalação de gotas até o contato com a pele, mas, sobretudo, pela ingestão (WHO, 2011). De acordo com a *World Health Organization* (2016), 663 milhões de pessoas obtêm água através de fontes inapropriadas e pelo menos 1,8 bilhões de pessoas as ingerem de nascentes contaminadas por fezes.

O habitat natural da bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) é o intestino humano e animal, sendo a única da espécie do grupo dos coliformes termotolerantes exclusiva deste ambiente. Quando identificada neste local geralmente não é nociva à saúde, entretanto, em outras partes do corpo pode causar sérias doenças. Estima-se por ano a morte de 502 mil pessoas por causa de diarreia, uma das principais infecções bacterianas (WHO, 2011; 2016; BRASIL, 2005).

A *E. coli* é o microrganismo mais adequado para indicar a contaminação de um corpo d'água por bactérias termotolerantes, pois é inquestionável sua natureza de origem, as fezes. Apesar de o método de identificação desta não ser o mais rápido, é menos duvidoso, pois outras técnicas de análises microbiológicas, de águas infectadas, acusam espécies do mesmo grupo que podem ser também encontradas

em solos, plantas ou em águas que contenham matéria orgânica (WHO, 2011; BRASIL, 2000).

3. METODOLOGIA

Para as sínteses das nanopartículas de prata, caracterização e avaliação da eficácia da atividade antibacteriana destas, foram utilizados os Laboratórios de Química e de Microbiologia, localizados dentro das dependências do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e o Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

3.1. NANOPARTÍCULAS DE PRATA

3.1.1. Síntese química das nanopartículas

A fundamentação da síntese das nanopartículas de prata foi feita a partir do método químico proposto por He, Kunitake e Nakao (2003), que utilizaram membranas de éster de celulose (0,45 μm Milipore ®) (MCs) como nanoreatores e estabilizadores das nanopartículas.

Para a formação das membranas impregnadas com AgNPs, foram utilizados 100 mL de solução de nitrato de prata ($AgNO_3$), na qual as MCs foram embebidas por 1 minuto e em seguida lavadas em etanol PA durante 30 segundos. Posteriormente as MCs foram imersas por 10 minutos em 100 mL de solução de borohidreto de sódio ($NaBH_4$), para a redução dos íons de Ag, seguido de lavagem em água destilada por 1 minuto. Diferentes concentrações dos reagentes foram utilizadas para uma avaliação da síntese das nanopartículas, relacionadas na Tabela 1.

TABELA 1. Relação da composição das soluções de $AgNO_3$ e $NaBH_4$

Ensaios	Concentrações (mM)	
	$AgNO_3$	$NaBH_4$
E_1	1	200
E_2	10	200
E_3	1	100
E_4	10	100

Fonte: Autoria própria, 2017

3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS

Para a caracterização das nanopartículas de prata, foi utilizada microscopia eletrônica de varredura (MEV), marca Hitachi, modelo TM 3000 – Tabletop Micros-

cope e também o espectrômetro Thermo Scientific GENESYS 10S UV-Vis, para a caracterização óptica. Para a análise UV foram preparadas soluções com citrato de sódio, este como agente estabilizador, de acordo com o procedimento realizado por Jana, Gearheart e Murphy (2001), e para estas, foram utilizadas as mesmas concentrações do sal precursor e do redutor descritas na Tabela 1.

3.2.1. Avaliação da atividade antimicrobiana

Sendo a bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) a principal representante do grupo dos coliformes termotolerantes e indicadora de contaminação de águas por organismos patogênicos (BRASIL, 2014), esta foi utilizada para avaliação da atividade antimicrobiana das nanopartículas de prata.

3.3. SUSPENSÃO BACTERIANA

Para o ensaio microbiano foi selecionada a cepa da *E. coli* (ATCC 25922), esta foi cultivada em Ágar Padrão (PCA) por 24 h a 35° C, visando as recomendações da ANVISA. Posteriormente foram inoculadas em água destilada estéril, para a suspensão bacteriana, e uma diluição da bactéria foi feita para obtenção da turvação correspondente ao tubo 0,5 da Escala de Macfarland, obtendo-se uma concentração final de $1,5x10^8$ UFC/mL.

3.4. TESTE BACTERIOLÓGICO

As colônias em suspensão mencionadas acima foram filtradas a vácuo em membranas impregnadas com AgNPs (MC/AgNP), as quais foram descritas no título 3.1.1 deste trabalho, em triplicata. O mesmo procedimento foi realizado em membranas de éster celulose (MC) puras para controle.

O teste bacteriológico para coliforme termotolerantes foi realizado conforme o método recomendado pela *American Public Health Association* (APHA) (2012), em que as MC/AgNP e as MC puras serão depositadas em placas de Petri contendo Ágar EMB e incubadas invertidas a 35° C durante 24 h. Após este período foi feita a contagem das colônias, no contador de colônias.

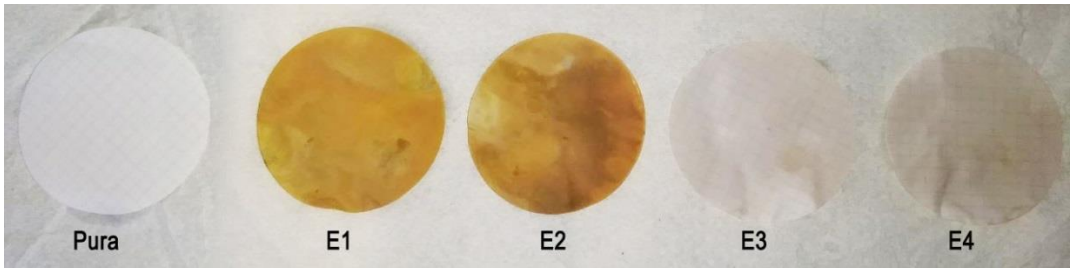
4. RESULTADOS

4.1. SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AGNP)

Durante a síntese química, a tonalidade das membranas de éster celulose (MC) alterou-se imediatamente após a deposição destas na solução de $NaBH_4$, de branco (Pura) para amarelo (E1, E2): a Figura 1 expressa o resultado dessa reação. Essa mudança na coloração indica a deposição de nanopartículas de prata na membrana (MC/AgNP), devido a absorção plasmática das AgNP (HE; KUNITAKE; NAKAO,

2003). O mesmo não ocorreu com os ensaios E3 e E4, provavelmente devido à baixa concentração da solução de $AgNO_3$ utilizada.

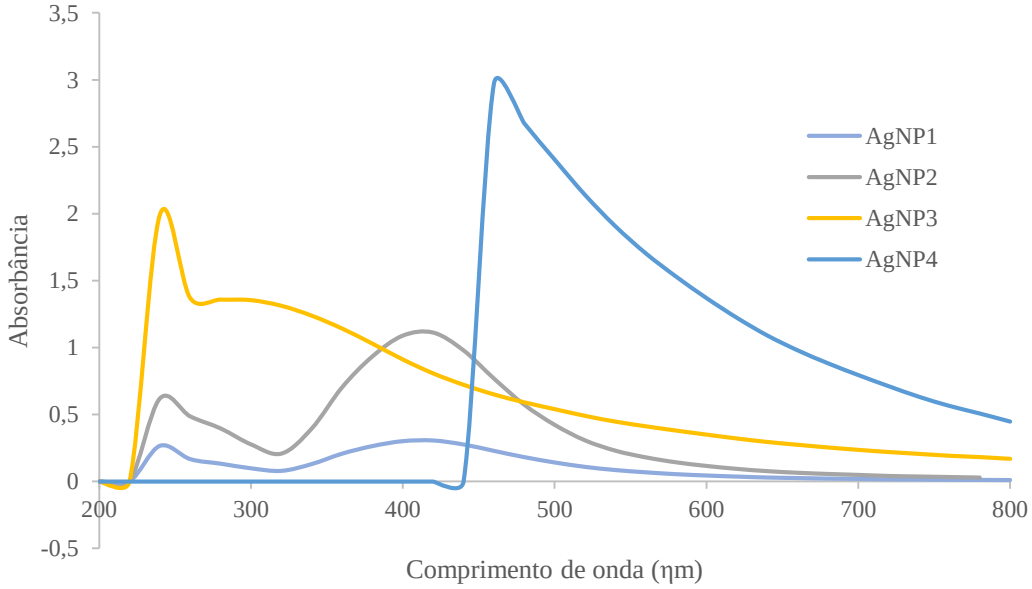
FIGURA 1. Membranas de éster celulose impregnadas com nanopartículas de prata



Fonte: Autoria própria, 2018.

Os espectros UV-Vis das soluções dos ensaios E3 (AgNP3) e E4 (AgNP4) que confirmam a síntese das AgNP podem ser observados na Figura 2, que apresenta uma banda espectral em ampla faixa de comprimento de onda.

FIGURA 2. Espectro UV-Vis das soluções de nanopartículas de prata estabilizadas por citrato de sódio



Fonte: Autoria própria, 2018

Através da espectroscopia UV-Vis, é possível analisar as nanopartículas dispersas. O resultado é uma banda de absorção característica de nanopartícula, situada em uma ampla faixa do espectro visível, que representa uma superposição das frequências do fenômeno de ressonância SPR plasmônica (SPR- Surface Plasmons Ressonance) das AgNPs examinadas (ZHANG; NOGUEZ, 2008).

Esse fenômeno ocorre quando os elétrons livres na superfície das nanopartículas metálicas são induzidos pelo campo eletromagnético da luz incidente produzida pelo espectrofotômetro, gerando uma oscilação máxima em determinadas frequências, caracterizando a ressonância com a frequência de oscilação da luz incidente.

Essa frequência de ressonância está diretamente ligada à forma, tamanho, organização das nanopartículas e índice de refração do meio. Desse modo, é possível que nanopartículas de mesma natureza apresentem frequências diferentes, através da variação destas propriedades.

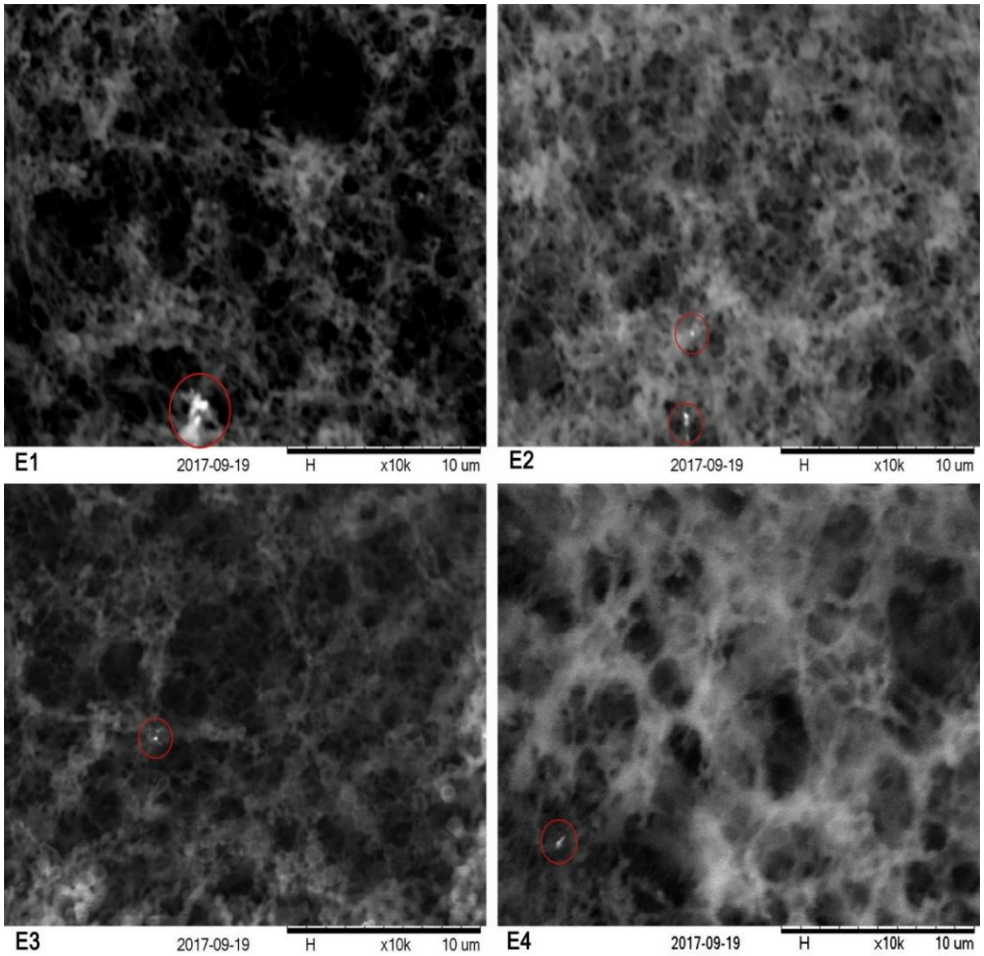
De acordo com Zhang e Noguez (2008), nanopartículas esféricas entre 10-20 nm possuem uma banda de absorção no espectro em comprimentos de onda inferiores a 400 nm. Dependendo do tamanho, uma suspensão de Ag-NPs com diâmetros maiores, entre 30 e 100 nm, se apresenta com cores que variam do laranja, verde até violeta. A banda de maior intensidade, por volta de 400 nm, mostra a característica das AgNPs esféricas de diâmetros aproximados a 40-60 nm.

Para a solução do ensaio E1, a banda de absorção se deu na faixa de 460 nm (Figura 2), indicando a formação de aglomerados das nanopartículas. A microscopia obtida através da análise MEV (Figura 3) confirma a deposição coloidal das AgNP nas membranas.

A membrana pura é intrinsecamente isolante, e ao depositar as nanopartículas nesta, ela se torna eletricamente condutora, possibilitando sua interação com feixe de elétrons, fonte de excitação, e resultando no espalhamento destes para a captura da imagem. Além disto as AgNPs minimizam o acúmulo de carga, causado pelo feixe, evitando a degradação da amostra (PEREIRA DA SILVA; FERRI, 2015).

As membranas, apesar de possuírem poros de 0,45 μm, conforme a especificação do fabricante, são compostas por fibras que apresentam uma superfície nanoporosa, permitindo uma melhor penetração das partículas de prata. A ligação entre os íons de prata e a celulose é provável devido à interação eletrostática (íon-dipolo) dos oxigênios carregados negativamente dos grupos polares hidroxila e éter da membrana e os cátions transientes do metal (HE; KUNITAKE; NAKAO, 2003).

FIGURA 3. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das membranas impregnadas com nanopartículas de prata

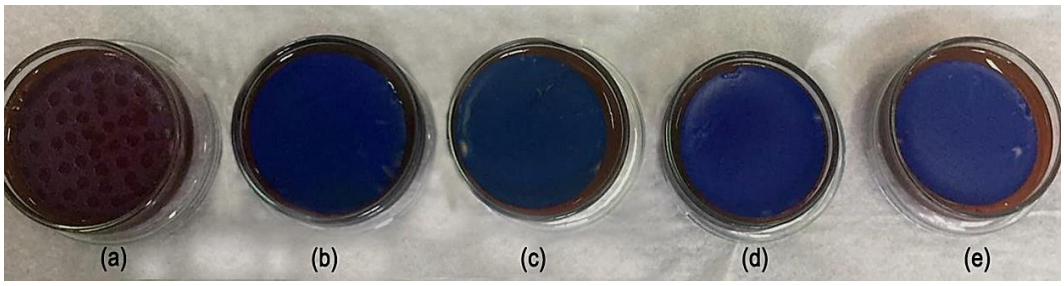


4.2. ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

Após o período de 24h de contato entre as colônias de *E. coli* ATCC 25922, retidas nas membranas de éster celulose, e as nanopartículas de prata, estas apresentaram eficiência de 100% na eliminação e anulação do crescimento das bactérias, conforme pode ser visualizado na Figura 4 (na página seguinte), não sendo necessário, desta forma, a contagem das colônias.

As diferentes concentrações das soluções do sal precursor ($AgNO_3$) e do redutor ($NaBH_4$) não influenciaram a atividade antimicrobiana da nanopartícula de prata neste período. Nas membranas (b), (c), (d) e (e), que correspondem respectivamente aos ensaios E1, E2, E3 e E4, não foram visualizadas colônias bacterianas, diferentemente da membrana (a) pura, na qual observa-se o crescimento das colônias da suspensão bacteriológica filtrada. Para o mesmo período, Jain e Pradeep (2005), também obtiveram a completa inibição das bactérias *E. coli*, confirmando a atividade antimicrobiana da nanopartícula de prata.

FIGURA 4. Atividade antimicrobiana de nanopartículas de prata em membranas de Éster Celulose contra bactérias *E. coli* ATCC 25922



Fonte: autoria própria, 2018

5. CONCLUSÕES

A síntese química das nanopartículas de prata (AgNP) através da redução com borohidreto de sódio resultou em nanopartículas com diâmetro mínimo de 40 nm, onde, com o aumento da concentração das soluções de nitrato de prata e borohidreto de sódio, houve a formação de aglomerados destas. A membrana de éster celulose se apresentou como um potencial estabilizador das AgNP, utilizando baixas concentrações dos agentes precursores e redutores, 1 mM e 100 mM respetivamente.

As nanopartículas de prata demostraram ter atividade antimicrobiana, independentemente do diâmetro, contra a bactéria *Escherichia coli*, com inibição completa do crescimento bacteriano.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Estudo prospectivo nanotecnologia*. Brasília: ABDI, 2010. (Cadernos da indústria ABDI XX).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 18. ed. Washington, DC: APHA, 1992, cap. 9, pp. 45-64.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Manual de Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção em Serviços de Saúde:* Modulo IV Descrição dos meios de cultura empregados nos exames microbiológicos. Brasília: ANVISA, 2004. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/microbiologia/mod_4_2004.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2017.

_____. *CONAMA.* Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. DOU n° 18, de 25/01/2001, Seção 1, pp. 70-71, 2000.

_____. *CONAMA*. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. DOU nº 053, de 18/03/2005, pp. 58-63. 2005.

_____. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Brasília: FUNASA, 2014.

CAIXETA, Isabela Ferreira; PEREIRA, Juliana Borges; CRUVINEL, Abel da Silva. Análise microbiológica da água da nascente no terreno da Escola Estadual Cônego Getúlio. In: Congresso Mineiro de Engenharias e Arquitetura Patos De Minas, 3., 2016, Patos de Minas. *Revista CENAR*. Patos de Minas: UNIPAM, 2(2016): 26-30.

DONALDSON, Ken; STONE, Vicki. Nanoscience fact versus fiction. *Communications of the ACM*, 47(11): 113-115, 2004.

EVANOFF, David D.; CHUMANOV, George. Synthesis and optical properties of silver nanoparticles and arrays. *Chem Phys Chem*, 6(7): 1221-1231, 2005.

GANGULA, Abilash et al. Catalytic reduction of 4-nitrophenol using biogenic gold and silver nanoparticles derived from Breynia rhamnoides. *Langmuir*, 27(24): 15268-15274, 2011.

GHOSH CHAUDHURI, Rajib; PARIA, Santanu. Core/shell nanoparticles: classes, properties, synthesis mechanisms, characterization, and applications. *Chemical reviews*, 112(4): 2373-2433, 2011.

HE, Junhui; KUNITAKE, Toyoki; NAKAO, Aiko. Facile in situ synthesis of noble metal nanoparticles in porous cellulose fibers. *Chemistry of Materials*, 15(23): 4401-4406, 2003.

JAIN, Prashant; PRADEEP, T. Potential of silver nanoparticle - coated polyurethane foam as an antibacterial water filter. *Biotechnology and bioengineering*, 90(1): 59-63, 2005.

JANA, Nikhil R.; GEARHEART, Latha; MURPHY, Catherine J. Wet Chemical Synthesis of High Aspect Ratio Cylindrical Gold Nanorods. *The Journal of Physical Chemistry B*, [s.l.], 105(19): 4065-4067, maio 2001.

KALISHWARALAL, K. et al. Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles by the culture supernatant of Bacillus licheniformis. *Materials letters*, 62(29): 4411-4413, 2008.

KAMAT, Prashant V.; FLUMIANI, Mark; HARTLAND, Gregory V. Picosecond dynamics of silver nanoclusters. Photoejection of electrons and fragmentation. *The Journal of Physical Chemistry B*, 102(17): 3123-3128, 1998.

KANG, Chan Kyu et al. Antibacterial cotton fibers treated with silver nanoparticles and quaternary ammonium salts. *Carbohydrate Polymers*, 151 (2016): 1012-1018.

LEE, P. C.; MEISEL, D. Adsorption and surface-enhanced Raman of dyes on silver and gold sols. *The Journal of Physical Chemistry*, [s.l.], 86(17): 3391-3395, 1982.

LI, Yuning; WU, Yiliang; ONG, Beng S. Facile synthesis of silver nanoparticles useful for fabrication of high-conductivity elements for printed electronics. *Journal of the American Chemical Society*, 127(10): 3266-3267, 2005.

LIANG, Kai-Ling *et al*. Polymer-assisted self-assembly of silver nanoparticles into interconnected morphology and enhanced surface electric conductivity. *RSC Advances*, 4(2): 15098-15103, 2014.

LIAU, S. Y. *et al*. Interaction of silver nitrate with readily identifiable groups: relationship to the antibacterialaction of silver ions. *Letters in applied microbiology*, 25(4): 279-283, 1997.

LOK, Chun-Nam et al. Silver nanoparticles: partial oxidation and antibacterial activities. *JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 12(4): 527-534, 2007.

MODAK, Shanta M.; FOX, Charles L. Binding of silver sulfadiazine to the cellular components of Pseudomonas aeruginosa. *Biochemical pharmacology*, 22(19): 2391-2404, 1973.

NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE. National Science and Technology Council Committee on Technology and Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. *Supplement to The President's Budget for Fiscal Year 2016.* United States of America, 2016. Disponível em: <https://www.nano.gov/sites/ default/files/pub_resource/nni_fy16_budget_supplement.pdf>. Acesso em 11 fev. 2017.

NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE. National Science and Technology Council Committee on Technology and Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. Supplement to The President's Budget for Fiscal Year 2017. USA, 2016. Disponível em: <https://www.nano. gov/sites/default/files/pub_resource/nni_fy17_budget_supplement.ppd> Acesso em 11 fev. 2017.

PAL, Sukdeb; TAK, Yu Kyung; SONG, Joon Myong. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the gram-negative bacterium Escherichia coli. *Applied and environmental microbiology*, 73(6): 1712-1720, 2007.

PEREIRA-DA-SILVA, Marcelo de Assumpção; FERRI, Fabio Aparecido. Microscopia

eletrônica de varredura. *Técnicas de Nanocaracterização*, [s.l.], p. 1-42, 2015. Elsevier. http://dx.doi.org/10.1016/b978-85-352-8091-3.50010-5.

PRABHU, Sukumaran; POULOSE, Eldho K. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects. *International Nano Letters*, 2(1): 32, 2012.

POREL, S. *et al*. Optical power limiting in the femtosecond regime by silver nanoparticle–embedded polymer film. *Journal of Applied Physics*, 102(3): 33-107, 2007.

ROCO, Mihail C.; WILLIAMS, R. Stanley; ALIVISATOS, Paul. Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report: Vision for Nanotechnology in the Next Decade. *Springer Science & Business Media*, 2000. Disponível em: <http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Research.Directions/> Acesso em: fev. 2017.

RUSSELL, A. D.; HUGO, W. B. 7 antimicrobial activity and action of silver. *Progress in medicinal chemistry*, 31(1994): 351-370.

SILVEIRA, Maria Eduarda. *Environmental spread of antibiotic molecules, antibiotic resistant bacteria and genes: jigsaw pieces of a public health problem*. Tese de Doutorado. Universidade Fernando Pessoa, 2009.

SON, Won Keun; YOUK, Ji Ho; PARK, Won Ho. Antimicrobial cellulose acetate nanofibers containing silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 65(4): 430-434, 2006.

SONDI, Ivan; SALOPEK-SONDI, Branka. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of colloid and interface science*, 275(1): 177-182, 2004.

TURKEVICH, John; STEVENSON, Peter Cooper; HILLIER, James. A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold. *Discussions of The Faraday Society*, [s.l.], 11(1951): 55-75.

TSUJINO, K.; MATSUMURA, M. Boring deep cylindrical nanoholes in silicon using silver nanoparticles as a catalyst. *Advanced Materials*, 17(8): 1045-1047, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality.* 4. ed. Switzerland: WHO, 2011. Disponível em: <http://www.who.int>. Acesso em: 3 mar. 2017.

_____. *Drinking-water.* 2016. Disponível em: <http://www.who.int>. Acesso em: 4 mar. 2017.

ZHANG, I.Z.; NOGUEZ, C. Plasmonic optical properties and applications of metal nanostructures. *Plasmonics*. 3(2008): 127–150.

Revista Perquirere. Patos de Minas, 15(3):135-151, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas

Sistema de gerenciamento de trabalhos científicos para o Centro Universitário de Patos de Minas

Management system of scientific works for the Centro Universitário de Patos de Minas

Ana Claudia de Sousa
Acadêmica de Sistemas de Informação no UNIPAM. e-mail: anasousa@unipam.edu.br

José Corrêa Viana
Especialista em Engenharia de Software. Docente no UNIPAM. e-mail: jcorrea@unipam.edu.br

---

RESUMO: Este artigo apresenta o desenvolvimento de maneira gradual, crescente, planejada e sistemática de um sistema para o gerenciamento dos projetos que integram o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do UNIPAM, bem como a constatação do seu aproveitamento contraposto a outras Instituições de Ensino Superior por meio de pesquisas exploratórias. Com o decorrer da sua implantação e utilização, espera-se reduzir os erros cometidos, tanto na conferência dos projetos quanto no processo de avaliação, bem como obter mais segurança, agilidade, produtividade e confiabilidade nos procedimentos realizados, o que possibilitará um impacto de forma positiva na prática habitual de trabalho, levando funcionalismo, usabilidade e simplicidade aos seus usuários e ademais dependentes do sistema.
PALAVRAS-CHAVE: Informatização. Iniciação Científica. PIBIC.

ABSTRACT: This article presents the gradual, increasing, planned and systematic development of a system for the management of projects that integrate the Institutional Program of Scientific Initiation Scholarships of UNIPAM, as well as the fact that it is compared to other Institutions Higher Education through exploratory research. With its implementation and use, a reduction in mistakes is expected, both in the project inspection and in the evaluation process, as well as the obtainment of more safety, agility, productivity and reliability in the procedures performed, which will impact in the usual work practice, by leading to functionalism, usability and simplicity to its users and also to other dependents of the system.
KEYWORDS: Informatization. Scientific research. PIBIC.

---

1. INTRODUÇÃO

A informatização é uma questão fundamental que perpassa todas as áreas do conhecimento e seus representantes. Informatizar as operações de uma empresa é uma forma eficaz de otimizar processos, gerenciar com precisão grandes quantidades de dados e informações e realizar mais trabalho em menos tempo. De maneira simplificada, define-se informatização como a aplicação dos recursos de Tecnologia de Informação (TI) a um fato e/ou problema como administração de documentos, atividades industriais, mercados financeiros etc. (ZWICKER *et al*., 2007).

A implantação da informática em empresas é um fenômeno que vem ocorrendo mais intensamente no Brasil desde a década de 1990, quando rotinas antes manuais passaram a ser realizadas e automatizadas por um computador. Na atualidade a informatização e suas diversas ferramentas se tornaram de extrema relevância com o avanço tecnológico, tornando-se cada vez mais evidente a necessidade de as empresas realizarem suas atividades com rapidez e agilidade, buscando a eficiência, a eficácia e a melhoria contínua (GONÇALVES, 2008).

Além de ganho de produtividade, de acordo com o Portal da Educação (2013), as vantagens da informatização se classificam em: otimização do fluxo de informação, permitindo maior agilidade e organização; redução de custos operacionais e administrativos; e maior integridade, disponibilidade e veracidade da informação.

Atualmente, no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), há uma busca constante para promover agilidade, praticidade e exatidão nos processos funcionais existentes na instituição. Antagônico a isso, o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), instituído pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (âmbito nacional) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMING (âmbito estadual), com o objetivo de incentivar a iniciação científica nos meios acadêmicos, está presente no UNIPAM desde o ano 2000, mantido pela própria instituição, por meio de um sistema de avaliação que é todo manual, exclusivamente por meio de numerosas papeladas, requerendo uma demanda de tempo, esforço e espaço para procedimentos simples que podem ser potencializados com a informatização.

O presente estudo buscou apresentar o desenvolvimento de maneira gradual, crescente, planejada e sistemática de um sistema para o gerenciamento dos projetos que integram o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do UNIPAM, bem como a constatação do seu aproveitamento contraposto a outras Instituições de Ensino Superior (IES) por meio de pesquisas exploratórias.

No início de 2016, somente o CNPq registrava mais de 22.000 bolsas de Iniciação Científica em todo o país (CNPq, 2016). Destas, grande parte não conta com uma estratégia informatizada para gerenciamento dessas pesquisas, ocasionando um grande volume de trabalho em atividades triviais e maiores dispêndios administrativos (BERALDI, 2010).

No Centro Universitário de Patos de Minas, cerca de 200 projetos anuais

(UNIPAM, 2016) são entregues para a comissão avaliadora analisar, julgar, selecionar e disponibilizar as melhores pesquisas científicas. Isso acarreta um grande volume de papéis, o que consequentemente ocasiona indisponibilidade e falta de controle no cadastro desses arquivos, além de outros problemas. Com base nisso, justificou-se a aplicação gradual, crescente, planejada e sistemática dos recursos de TI aos inúmeros afazeres, tanto para os organizadores/avaliadores quanto para os discentes envolvidos nos procedimentos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica no UNIPAM e possivelmente em outras IES.

O trabalho foi estruturado da seguinte maneira: na seção 2 são apresentadas algumas concepções sobre informatização, sobre agilidade, sobre PIBIC e sobre outras noções importantes para o desenvolvimento; na seção 3 é exibida a metodologia empregada no trabalho; na seção 4 são descritos o desenvolvimento e os resultados obtidos; por fim, na última seção, são expostas a conclusão e a sugestão de pesquisas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. INFORMATIZAÇÃO E AGILIDADE

Segundo Donizete (2009), a informatização é definida como a adaptação de métodos tradicionais de trabalho e/ou atividade ao uso de sistemas computadorizados. Nessa mesma lógica, Cassaro (2003) conceitua informatização como todo recurso utilizado para prover informações e processamento de dados destinados para qualquer que seja o uso feito dessa informação, com a finalidade de atender a um dado objetivo.

Da mesma forma, Laudon e Laudon (2007) destacam a necessidade do uso da informática, vista como uma ferramenta de extrema importância dentro das organizações, uma vez que consiste em um conjunto de componentes que se relacionam entre si, coletando dados, processando e fornecendo informações para o controle e gestão de qualquer tipo de organização. Como resultado, obtêm-se agilidade, disponibilidade, incrementação dos processos produtivos, qualidade total das atividades, organização e veracidade de dados e informações.

2.2. INICIAÇÃO CIENTÍFICA

A Iniciação Científica (IC) é conceituada como um processo no qual é aprovisionado o conjunto de conhecimentos imprescindíveis para iniciar o jovem nos ritos, técnicas e tradições da ciência: "Ato de dar ou receber os primeiros elementos de uma prática ou os rudimentos relativos a uma área do saber" (HOUAISS, 2007).

Da mesma forma, segundo Castro *et al*. (2006), a IC é um instrumento que permite introduzir os estudantes de graduação potencialmente mais promissores na pesquisa científica. É a possibilidade de colocar o aluno desde cedo em contato

direto com a atividade científica e engajá-lo na pesquisa. Nessa perspectiva, a Iniciação Científica caracteriza-se como instrumento de apoio teórico e metodológico à realização de um projeto de pesquisa e constitui um canal adequado de auxílio para a formação de uma nova mentalidade no aluno. Resumidamente, a Iniciação Cientifica pode ser definida como um instrumento de formação de recursos humanos qualificados.

Em 1988, o CNPq criou o PIBIC, um instrumento suplementário de fomento, pelo qual bolsas de IC passaram a ser concedidas diretamente às IES e aos Institutos de Pesquisa (IPq), responsáveis por administrar diretamente as concessões dessas bolsas. As IES e os IPq têm sob seu controle administrativo as cotas e devem criar dispositivos próprios de distribuição, e do mesmo modo, promover anualmente "uma reunião, na forma de seminário ou congresso, onde os bolsistas deverão apresentar sua produção científica sob a forma de pôsteres, resumos e/ou apresentações orais", tendo sua performance avaliada pelo Comitê Institucional do PIBIC (BRASIL, 2007).

2.2.1. Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica - PIBIC

O PIBIC é um programa financiado pelo CNPq, que distribui bolsas de estudo para estudantes de graduação, visando apoiar a política de Iniciação Científica desenvolvida nas Instituições de Ensino e/ou Pesquisa, por meio da concessão de bolsas de Iniciação Científica a estudantes de graduação integrados na pesquisa científica.

O CNPq vem investindo na formação de jovens pesquisadores através da concessão da bolsa de Iniciação Científica desde 1951. Nessa época, o número de bolsas era bastante reduzido e atingia pouquíssimas áreas. A Iniciação Científica só se tornou significativa na década de 90, quando foram concedidas cerca de 165 mil bolsas, 373% a mais do que o total de bolsas dessa modalidade concedidas até então. Papel importante teve o PIBIC nesse processo. Em 1988, o número de bolsas de Iniciação Científica era de aproximadamente 4 mil. Com a criação do PIBIC, em 1990, o número de bolsas aumentou de forma expressiva, chegando hoje a um total de 19 mil, concedidas a 121 instituições de ensino superior e institutos de pesquisa (MISSIAGGIA, 2002).

Dados relativos às bolsas de IC concedidas pelo CNPq demonstram um acréscimo acentuado na quantidade de bolsas distribuídas de 1963 a 2005. Nos dias que correm, o número de bolsas de IC é consideravelmente superior ao número de bolsas com outras finalidades concedidas pelo CNPq (BRASIL, 2007), o que reforça a importância dada à atividade de IC pelo órgão (MASSI; QUEIROZ, 2010).

No Centro Universitário de Patos de Minas, o PIBIC teve seu início em 2000 e encontra-se na sua décima sexta edição, mantido pela própria instituição desde 2004, a qual financia a concessão de bolsas consoante os objetivos propostos pelo CNPq. O princípio do PIBIC no UNIPAM é despertar vocações científicas e talentos potenciais entre alunos de graduação, possibilitando ao iniciante a aprendizagem de técnicas e métodos norteadores da produção crítica do conhecimento.

O Gráfico 1 ilustra o crescimento das pesquisas inscritas no PIBIC no UNIPAM, mostrando o quanto é notório que o número de projetos tende a um aumento com o desdobrar-se do tempo.

GRÁFICO 1. Gráfico de Inscritos no PIBIC

Fonte: UNIPAM, 2016[1]

Comparando os anos, como, por exemplo, os anos de 2010 e 2015, observa-se que o número de projetos praticamente dobrou, o que consequentemente ocasiona mais gastos com alocações de pessoas e armazenamento, indisponibilidade, entre outros, em um cenário onde o processo não é informatizado. Isto posto, embasam-se ainda mais os objetivos desse projeto.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto segue os padrões do *Scrum*, definido por Rafael Sabbagh (2014, p. 40) como

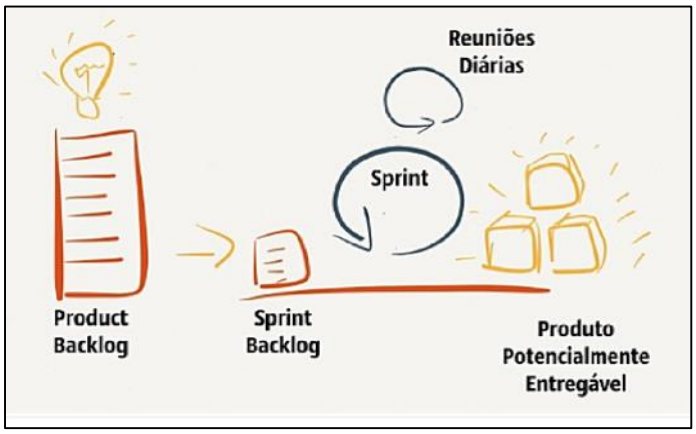
> um *framework* para desenvolvimento de produtos complexos em ambientes complexos que utiliza uma abordagem iterativa incremental para melhorar a predizibilidade e o controle de riscos gerando entregas frequentes de valor para o cliente, tornando transparentes os problemas das práticas de desenvolvimento, para que se possa melhorá-las, utilizando inspeção e adaptação para melhoria continua, em ciclos de *feedback*.

[1] Coordenadoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão.

Como a estrutura do *Scrum* é um subconjunto de metodologia de Desenvolvimento de Software Ágil, os princípios da abordagem ágil também se aplicam. Primeiro, cria-se um *product backlog*, evidenciado na Figura 2, que é um conjunto de recursos obtidos de usuários potenciais, colegas de escritório e outras pessoas relevantes para o produto, *stakeholders*. Trata-se de uma lista de requisitos para o produto. O *product backlog* é uma lista de prioridades, o que significa que se deve trabalhar nos itens mais importantes (DIMES, 2014).

Na estrutura do *Scrum*, há três papéis principais que compõem uma equipe: o *Product Owner* (PO), o *Scrum Master* e os membros do time. O PO atua como intermediário, dando todos os passos necessários para assegurar que o cliente obtenha o que deseja e que os membros do time saibam o que fazer. Além disso, obtém dados de ambos os lados e seleciona o que é adicionado na lista de prioridades para o desenvolvimento do produto. O *Scrum Master* se certifica de que todos estão fazendo seu trabalho adequadamente e garante que o time tome as medidas apropriadas para solucionar problemas antes que saiam de controle. Os membros do time são desenvolvedores, eles se responsabilizam pela escolha de tarefas e as fazem da maneira mais eficiente possível (DIMES, 2014).

FIGURA 2. Fluxo do Scrum



Fonte: GOMES, 2014.

Seguindo a proposta desta metodologia, as *Sprints* que integram esse projeto são detalhadas no Quadro 1:

QUADRO 1. Divisão das *Sprints*

SPRINT	DESCRIÇÃO
Sprints 1 e 2	• Pesquisas e estudos por livros, artigos e ferramentas relacionadas ao tema do projeto. • Estruturação completa do pré-projeto.

Sprints 3 e 4	• Reunião de início da *Sprint*. • Determinação dos *user stories*. • Início do desenvolvimento estrutural e funcional do projeto.
Sprints 5 a 9	• Elaborar tarefas de cada *user story*. • Estimar tempo de cada função. • Desenvolver as tarefas. • Definir os critérios de aceitação das *user stories*. • Criar todas as funções que envolvem a catalogação das pesquisas (cadastro de aluno, orientador, coorientador e seus respectivos projetos). • Elaborar e implementar o *layout* da aplicação.
Sprints 10 a 12	• Atualização da documentação. • Reunião de encerramento da *Sprint.* • Apresentação da aplicação.

Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Para a etapa de desenvolvimento foram empregadas as subsequentes ferramentas:

- Visual Studio: direcionado para a programação C# e *framework* .NET para compilação do código, é um ambiente de desenvolvimento integrado da Microsoft que permite criar aplicativos para web, Windows, Mac e Linux;
- SQL Server: sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) para a persistência de dados;
- Bitbucket: sistema de controle de versão que gerencia arquivos e diretórios e as modificações feitas neles ao longo tempo.
- Balsamiq Mockups: modelo detalhado do produto final, em que as questões estéticas são importantes e as funcionalidades básicas são demonstradas de uma forma estática; é empregado para estruturação do protótipo.
- Angular JS: framework JavaScript open-source, mantido pelo Google, que auxilia na execução de single-page applications. Seu objetivo é aumentar aplicativos que podem ser acessados por um navegador web; foi construído sob o padrão model-view-view-model (MVVM), em um esforço para facilitar tanto o desenvolvimento quanto o teste dos aplicativos.

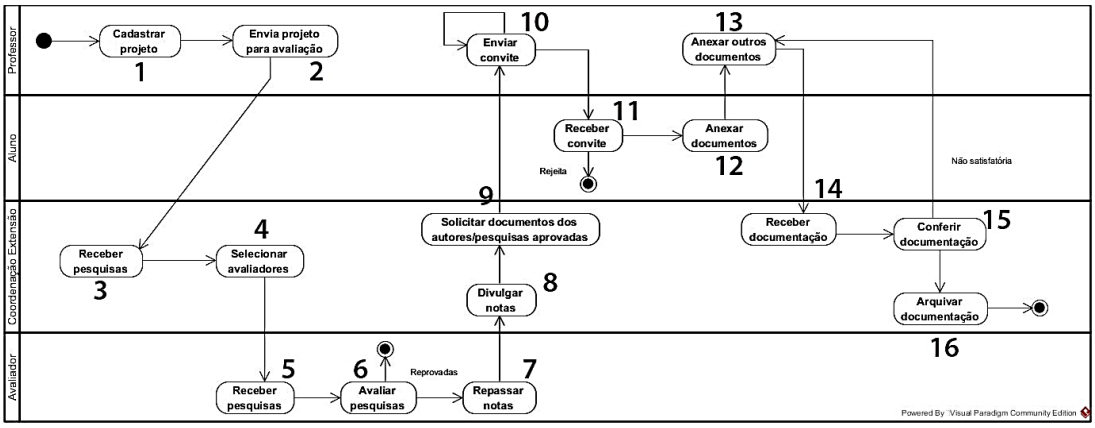
Esse estudo classifica-se como uma pesquisa descritiva e exploratória, caracterizada pela definição da problematização apresentada, em que foram realizadas pesquisas, estudos e coleta de dados, a fim de proporcionar familiaridade com

o problema e propor soluções e/ou contínuas melhorias. A metodologia, associadamente com todas as ferramentas supracitadas, foi de suma importância para o seu desenvolvimento.

4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Dos procedimentos que incorporam este projeto, destaca-se todo o fluxo de submissão de projetos, ilustrado na Figura 3, pelo diagrama de atividades. Através do esquema foi possível realizar toda programação e estruturação do layout para essa função.

FIGURA 3. Diagrama de Atividades do Processo de Submissão de Projeto

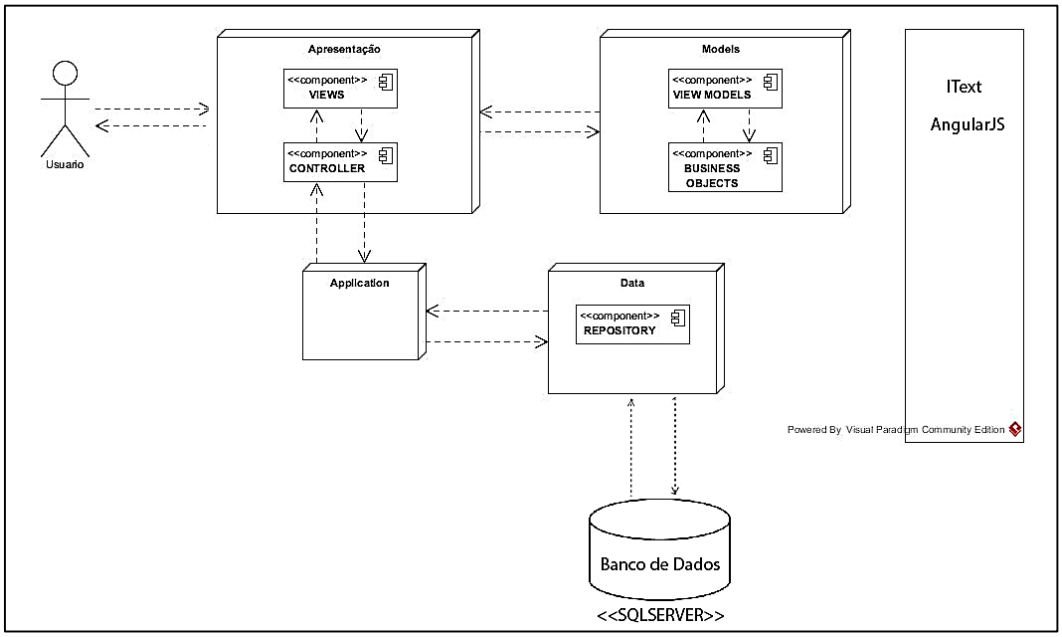


Fonte: Dados do projeto, 2016.

Iniciado pelo professor (atividade 1), é feito o cadastro do projeto, logo esse projeto deve ser enviado e recebido pela Coordenação de Extensão (atividades 2 e 3). Em seguida, esse mesmo setor seleciona os avaliadores para essas pesquisas (atividade 4); os avaliadores recebem/avaliam (atividades 5 e 6); se aprovadas, elas passam para a próxima etapa (atividades 7 e 8); em continuidade, é solicitado ao professor alguns documentos (atividade 9) e ele pode convidar alguns alunos para comporem a pesquisa (atividade 10). O aluno pode ou não aceitar o convite (atividade 11); caso aceite, deve anexar alguns arquivos e enviá-los ao professor (atividade 12), o professor também deve anexar arquivos (atividade 13). Finalizando, a Coordenação de Extensão recebe essa documentação (atividade 14), faz a sua verificação e, caso esteja tudo em conformidade, a documentação é arquivada (atividades 15 e 16); caso contrário, o professor pode reenviar uma nova documentação se ainda estiver no prazo.

Para melhor compreensão e estruturação, a Figura 4 expõe a arquitetura empregada na formação do software, e seguidamente, é explicada cada uma das camadas.

FIGURA 4. Arquitetura do software



Fonte: Dados do projeto, 2016.

Inicialmente o usuário, através das *views*, clica em uma ação, essa ação é solicitada ao *controller* na camada de Apresentação, que pode ou não acessar uma *viewmodel*, que acessa os objetos na *business objects* na camada *Models*. Os *controllers* comunicam-se com a camada *Application*, onde estão localizados as interfaces e métodos, para concluírem a ação solicitada, que interage com a camada Data para persistir os objetos, e essa comunica-se com o banco de dados. A *Application* retorna para o *controller* o resultado da ação que repassa para a *view*, que exibe uma mensagem para o usuário.

Para a composição deste projeto, foi empregado o *framework* AngularJS, baseado na linguagem *open-source* JavaScript, mantido pelo Google, que auxilia na execução de *single-page applications* – SPA[2] (ANGULAR.ORG, 2016). A biblioteca interpreta o HTML que contém *tags* especiais, e assim sendo, executa a diretiva à qual essa *tag* pertence e realiza a fusão entre a apresentação e seu modelo, representado por variáveis JavaScript comuns. O valor dessas variáveis JavaScript podem ser determinados manualmente, ou via um recurso JSON[3] estático ou dinâmico (ROGÉRIO, 2015).

---

[2] *Single-page applications* (SPA) são aplicações completas, desenvolvidas em JavaScript, que funcionam quase como se estivessem sendo executadas nativamente no desktop (MENEGASSI, 2015).

[3] JSON, acrônimo *para JavaScript Object Notation*, é um formato leve para intercâmbio de dados computacionais. JSON é um subconjunto da notação de objeto de JavaScript, mas seu uso não requer JavaScript exclusivamente (JSON.ORG, 2007).

O *framework* proporcionaliza e estende o HTML tradicional para uma melhor experiência com conteúdo dinâmico, com a ligação direta e bidirecional dos dados (*two-way data-binding*), que proporciona sincronização automática de *models* e *views* (MACORATTI, 2014). Como resultância, o AngularJS abstrai a manipulação do DOM[4] e melhora os testes simplificando a construção de aplicações web.

O AngularJS consegue estruturar o código *front-end* muito bem, viabilizando a quebra do código em partes, fracionando assim suas responsabilidades, contando com o *two-way data-binding* e motivando o uso de *dependecy injection.* Ademais, o AngularJS é integrado por diretivas, *controllers,* módulos, *services* e *routes*.

As diretivas, como representadas nas linhas 1, 3, 5, 8, 11, 13 e 23 nas Figuras 5 e 6, são delimitadas dentro do documento HTML e são empregadas para que a manipulação do DOM seja feita de modo mais tangível e/ou para acrescentar novos comportamentos às *tags* atuais.

FIGURA 5. Trecho de código-fonte da Index de Área de Conhecimento

```
1  <div ng-app="PIBICApp">
2
3      <div ng-controller="AreaConhecimentoController" ng-init="init()">
4
5          <div id="Formulario" ng-include="'/PIBIC/AreaCoordenacaoExtensao/AreaConhecimento/Formulario'">
6          </div>
7
8          <div id="Table" ng-include="'/PIBIC/AreaCoordenacaoExtensao/AreaConhecimento/Tabela'">
9          </div>
10
11     </div>
12 </div>
```

Fonte: Dados do projeto, 2016.

Figura 6. Trecho de código-fonte do Formulário de Área de Conhecimento

```
10     <div class="portlet-body form">
11         <form name="formAreaConhecimento" ng-submit="salvar()" method="post">
12
13             <input type="hidden" ng-model="AreaConhecimento.idAreaConhecimento" />
14
15             <div class="form-body">
16                 <div class="form-group">
17                     <label>Descrição</label>
18                     <div class="input-group">
19                         <span class="input-group-addon">
20                             <i class="fa fa-file-text"></i>
21                         </span>
22
23                         <input type="text" ng-model="AreaConhecimento.Descricao" class="form-control"
24                         placeholder="Informe a descrição da área de conhecimento" validation="min_len:1|max_len:50|required"
25                          required />
26
27                     </div>
28                 </div>
29             </div>
30
```

Fonte: Dados do projeto, 2016.

[4] DOM é uma multiplataforma que representa como as marcações em HTML, XHTML e XML são organizadas e lidas pelo navegador (FERRACIOLI, 2011).

Na primeira linha da Figura 5, a diretiva *ng-app* dá início à aplicação e estabelece onde será o elemento *root*, e na linha 13 da Figura 6, é empregada a diretiva *ng-model* para fazer com que o AngularJS faça o bidirecionamento entre o *model* e a *view* dentro da *tag input*, fazendo com que ela sempre represente o estado do *model*. A diretiva *ng-init* implementa algumas tarefas antes do início da aplicação, no caso, ela inicializa a função *init*(), que é um efeito de transição.

O *controller*, como demonstrado na Figura 7, é o comportamento por trás do DOM e é similarmente responsável por iniciar e/ou agregar comportamentos ao objeto $scope, o qual viabiliza a comunicação entre a *view* e o seu *controller*. A diretiva *ng-controller*, já exposta na terceira linha da Figura 3, é empregada para definir em qual parte do documento HTML ele será utilizado.

FIGURA 7. Trecho de código-fonte do *Controller* de Área de Conhecimento

```
1  var AreaConhecimentoController = function ($scope, $location, $http, $compile) {
2
3      var AreaConhecimento = function (IdAreaConhecimento, Descricao) {
4          this.IdAreaConhecimento = IdAreaConhecimento;
5          this.Descricao = Descricao;
6      }
7
8      $scope.AreaConhecimento = new AreaConhecimento(0, "");
```

Fonte: Dados do projeto, 2016.

O $*scope* faz a ligação entre a *view* e o *controller* e é também injetado no *controller*. Essa injeção advém quando está sendo instanciada. Neste instante, o Angular introduz todas as suas dependências, incluindo o $*scope*. Nesse *framework* o *model* de uma *view* é considerado em todos os atributos incluídos ao objeto $scope.

O módulo, explicitado na Figuras 8, é um elemento que opera a inicialização e encapsula os *controllers*, diretivas, *services* e *routes* de uma aplicação AngularJS e é definido pela diretiva *ng-app*, apresentado na linha 1 da Figura 5. Em conformidade com a documentação oficial, *services* são objetos *singletons*[5] que realizam tarefas específicas comuns em uma aplicação WEB, podem ser usados para distribuir informações entre *controllers*, fornecer comunicações com o servidor e também sobre como deve ser a camada que contém a lógica de negócio, permitindo que o *controller* se responsabilize simplesmente pelo fluxo da aplicação.

As *routes* permitem gerenciar os *templates* a serem inseridos na *view* de acordo com a navegação do usuário. Ou seja, quando há uma ação de mudança de página, o módulo é capaz de "injetar" o *template* correspondente.

[5] Singleton é um padrão de projeto de software (do inglês *Design Pattern*), que garante a existência de apenas uma instância de uma classe, mantendo um ponto global de acesso ao seu objeto (MEDEIROS, 2013).

FIGURA 8. Trecho de código-fonte do modulo PIBICApp

```
1  var PIBICApp = angular.module('PIBICApp', ['ngRoute', 'ui.select', 'ngSanitize', 'ngMask', 'ngMessages',
2                                 'ui.bootstrap', 'ngResource', 'ng-currency', 'angular-directive-percentage'])
3
4  PIBICApp.controller('LandingPageController', LandingPageController);
5  PIBICApp.controller('LoginController', LoginController);
6  PIBICApp.controller('AreaConhecimentoController', AreaConhecimentoController);
7  PIBICApp.controller('ProjetoController', ProjetoController);
8  PIBICApp.controller('ProjetoAvaliacaoController', ProjetoAvaliacaoController);
9
10 PIBICApp.factory('LoginFactory', LoginFactory);
11 PIBICApp.factory('RegistrationFactory', RegistrationFactory);
12
13 var configFunction = function ($routeProvider, $httpProvider) {
14     $routeProvider.
15         when('/', {
16             templateUrl: '/PIBIC/Dashboard/Index'
17         })
18         .when('/areaConhecimento/home', {
19             templateUrl: '/PIBIC/AreaCoordenacaoExtensao/AreaConhecimento/Index'
20         })
21         .when('/criterioAvaliacao/home', {
22             templateUrl: '/PIBIC/AreaCoordenacaoExtensao/CriterioAvaliacao/Index'
23         })
```

Fonte: Dados do projeto, 2016.

Para mais, outra razão para o emprego do AngularJS é que o *framework* desonera o servidor, pois não há necessidade de compilar as páginas nele, uma vez que o processamento é feito no navegador do cliente, processando apenas a parte da *view* que sofreu alterações.

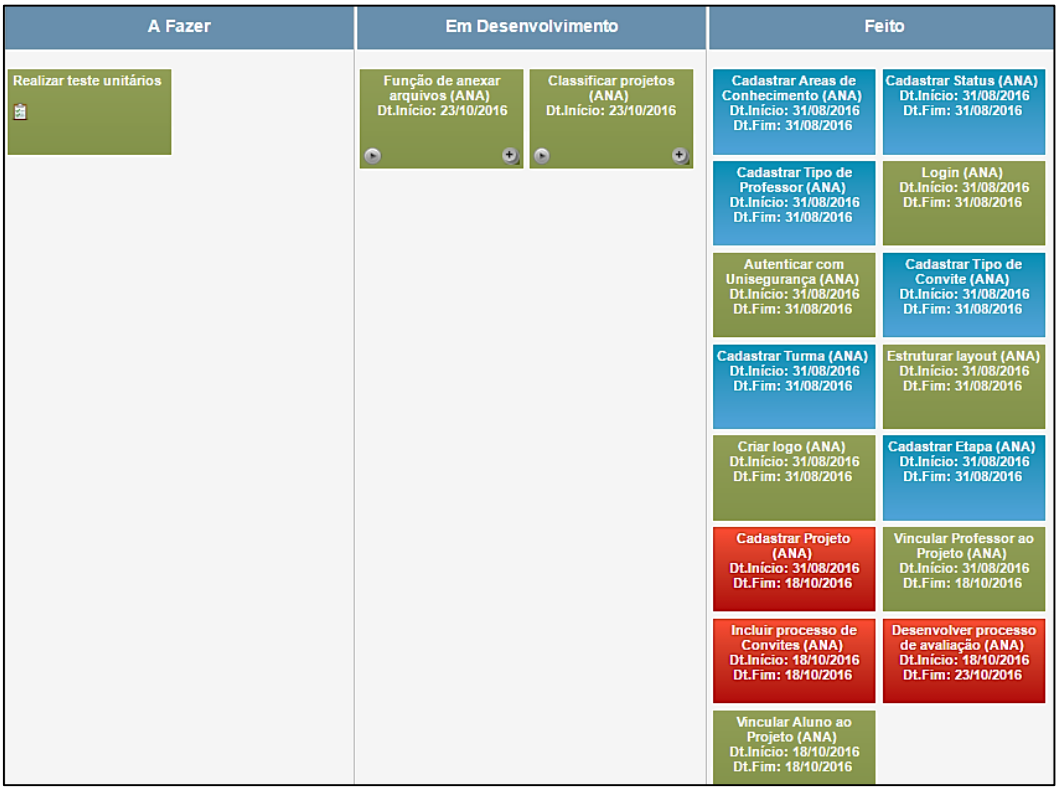
Da mesma maneira, a metodologia *Scrum* ofereceu sustentação para a inicialização do desenvolvimento do projeto. Realizando o colhimento de requisitos, foi possível especificar a lista do *Product Backlog*, onde foram introduzidas as funcionalidades do sistema a serem desenvolvidas, de acordo com as prioridades determinadas pelo cliente e com as estimativas do *Scrum Master*.

O *Product Backlog* foi significativo para se obter o ponto inicial, o conhecimento e a dimensão do projeto. Com os itens definidos, esses elementos foram divididos em pequenos afazeres, que compuseram cada uma das Estórias de Usuário, especificando detalhadamente, e ensimesmado, de uma maneira mais simples, a real imprescindibilidade da funcionalidade demandada pelo cliente. Na Figura 9, há um trecho do quadro Kanban, responsável por ilustrar parte das tarefas que compreendem esse artigo.

As cores presentes nas descrições das tarefas (Figura 9), azul, verde e vermelho, correspondem respectivamente a tarefas simples, codificação do CRUD[6] das tabelas descritivas, tarefas de média complexidade, as quais são fomentadas pelas tarefas azuis e, por fim, as atividades-chave de alta dificuldade.

[6] CRUD é o acrônimo de *Create*, *Read*, *Update* e *Delete* (na língua inglesa) para as quatro operações básicas utilizadas em bases de dados relacionais ou em interface para utilizadores para criação, consulta, atualização e destruição de dados (MUNHOZ, 2013).

FIGURA 9. *Printscreen* da ferramenta Grupo de Trabalho – UNIPAM



Fonte: Dados do projeto, 2016.

A partir da delimitação do *Product Backlog*, foi exequível obter um detalhamento minucioso das tarefas a serem desenvolvidas, evitando os riscos de entendimento equivocado dos requisitos levantados. Cada afazer, contendo a descrição das tarefas, determinou uma iteração no desenvolvimento, ou seja, uma *Sprint*. A gerência das tarefas foi realizada pelo Quadro de Tarefas, artefato do *Scrum*, desenvolvido pelo Centro Universitário de Patos de Minas.

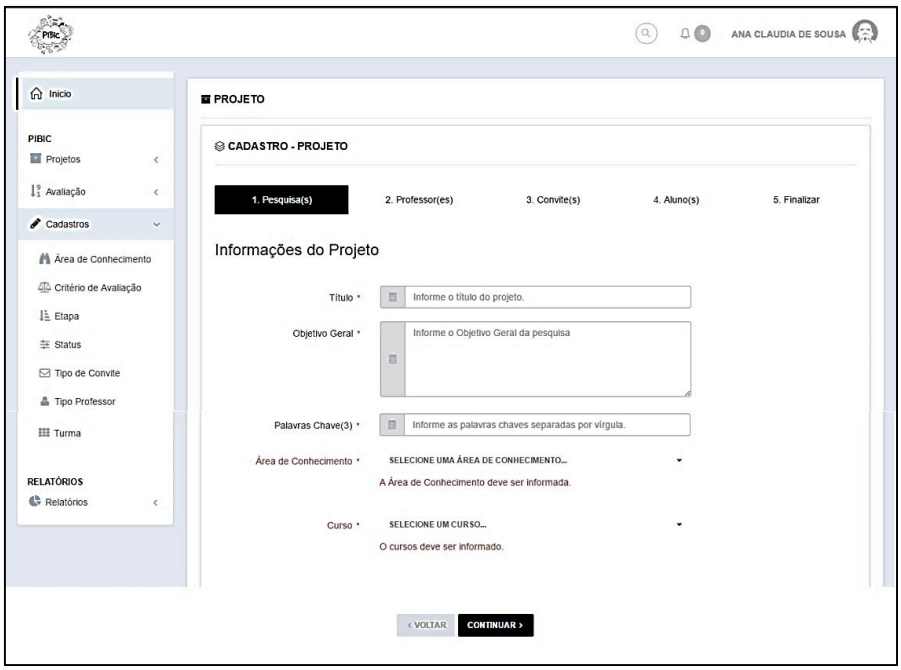
Aplicando essa sistematização de desenvolvimento, foi possível obter um gerenciamento mais organizado do projeto e, ao fim de cada *Sprint*, produziu-se um artefato de valor, como pode ser visto na Figura 10, para o cliente. Por tratar-se de uma metodologia que permite o desenvolvimento incremental, o sistema foi desenvolvido paulatinamente e entregue continuadamente. Desta forma, o cliente pôde ver os requisitos na prática e pormenorizar mudanças para serem incorporadas no sistema.

Em síntese, para ilustração da última parte do quadro (funções feitas, na Figura 7), a Figura 10 exibe o formulário de *login* e, em sequência, na Figura 11, o formulário da primeira etapa para cadastro de projetos. Para composição destas e outras funcionalidades que integram esse sistema, o *framework* empregado para programação do *back end* foi .NET da Microsoft, que se fundamenta na linguagem C#.

Figura 10. *Printscreen* do formulário de *login*

Fonte: Dados do projeto, 2016.

Figura 11. *Printscreen* da primeira etapa de cadastro de projetos



Fonte: Dados do projeto, 2016.

Conjuntamente, na Figura 11, consegue-se notar a distribuição dos menus de catalogação de áreas de conhecimento, critérios de avaliação, etapas, o segmento da avaliação os relatórios, dentre outros, bem como um dos passos para cadastrar o projeto. Optou-se por essa repartição, a fim de seevitar extensos e extenuantes formulários, obtendo uma melhor usabilidade.

5. CONCLUSÃO

Cada vez mais fica evidente que um dos excelentes caminhos para a eficiência, otimização de processos decisórios, eliminação de redundância de atividades, redução de dispêndios operacionais e administrativos e ganho de produtividade se dá por intermédio da informatização de tarefas.

Visto isso, este artigo teve como escopo a implementação de um sistema de administração dos projetos que constituem o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do UNIPAM, bem como a constatação do seu aproveitamento contraposto a outras Instituições de Ensino Superior por meio de pesquisas exploratórias.

Das apurações feitas para comprovação e/ou comparação para mais evidenciar a utilidade do sistema foram estudadas 15 universidades: Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Federal de São João del-Rei (UFJS), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), apenas a UFJF e a UFPE não contam com uma solução informatizada para o PIBIC.

O levantamento das Instituições de Ensino Superior supracitadas foi realizado através da listagem de universidades que oferecem cotas para o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica concomitantemente com a verificação do processo de seleção para escolha das pesquisas, por meio dos editais disponibilizados.

Diante disso, pode-se notar a necessidade de adaptação do Centro Universitário de Patos de Minas comparado as 13 instituições que já dispõem de um sistema informatizado. O sistema desenvolvido pretende, no transcorrer da sua efetivação e aplicação, que ele consiga oportunizar uma redução nos erros cometidos, tanto na conferência dos projetos quanto no processo de avaliação, obter mais segurança, agilidade e confiabilidade nos procedimentos realizados, aumentar a produtividade das operações, a qual poderá atingir de forma positiva a prática habitual de trabalho e levar funcionalismo, usabilidade e simplicidade aos seus usuários e para mais dependentes do sistema.

Em suma, pretende-se encerrar a implementação concluindo as funções de avaliação dos projetos, e da mesma maneira, levantar a demanda para elaboração e confecção dos relatórios, de acordo com as necessidades do setor, e finalmente realizar sua implantação através da publicação e registro de um domínio para integração com os sistemas do UNIPAM, juntamente com a disponibilização de treinamentos e capacitação dos usuários para utilização do software.

Fundamentado na sua utilização, a próxima etapa compor-se-á da melhoria

e/ou manutenção continua do sistema, para melhor atender as expectativas e necessidades dos utilizadores. Por conseguinte, realizar a junção de recursos tecnológicos com atividades operacionais de uma empresa é uma garantia de otimização, potencialização e sofisticação.

REFERÊNCIAS

ANGULAR ORG. Google. *Angular JS by Google.* 2016. Disponível em: <https://angularjs.org/>. Acesso em: 30 ago. 2016.

BERALDI, G; TENÓRIO, M. P. *Iniciação científica no Brasil e nos cursos de medicina.* 2010. Disponível em: <http://goo.gl/anWKiU>. Acesso em: 08 fev. 2016.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. *Anexo III da RN-017/2006: bolsas por quota no país; PIBIC – norma específica. 2007*. Disponível em: <http://www.cnpq.br/normas>. Acesso em: 24 fev. 2016.

CASTRO, A. A. *et al.* (org.). *Manual de Iniciação Científica.* 2006. Disponível em: <http://goo.gl/X3ZZJO>. Acesso em: 24 fev. 2016.

CASSARO, Antonio Carlos. *Sistema de Informação para tomada de decisões*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). *Mapa de Investimentos*. Disponível em: <https://goo.gl/XnTI7a>. Acesso em: 24 fev. 2016

CNPq *et al. Objetivos do programa PIBIC.* Disponível em: <http://cnpq.br/pibic>. Acesso em: 03 fev. 2016.

DIMES, T. *Scrum Essencial*. Babelcube Inc., 2014. 48 p. Disponível em: <http://goo.gl/KtzmDJ>. Acesso em: 28 fev. 2016.

DONIZETE. *Informatizar.* 2009. Disponível em: <http://goo.gl/pja99M>. Acesso em: 09 jan. 2016.

EDUCAÇÃO, Colunista Portal *et al.* (ed.). *As Vantagens de um sistema de informação.* 2013. Disponível em: <http://goo.gl/9kCjye>. Acesso em: 09 jan. 2016.

FERRACIOLI, Fabrício. *O DOM e o JavaScript.* 2011. Disponível em: <https://goo.gl/R1MohD>. Acesso em: 17 nov. 2016.

GOMES, André Faria. *Agile.* São Paulo: Casa do Código, 2014.

GONÇALVES, J. E. L. *Os impactos das novas tecnologias nas empresas prestadoras de serviços.* 2008. Disponível em: <http://goo.gl/oUJSn0>. Acesso em: 08 fev. 2016.

HOUAISS, A. *Dicionário eletrônico da língua portuguesa*. 2016. Disponível em: <http://houaiss.uol.com.br/busca.jhtm>. Acesso em: 24 fev. 2016.

JSON.ORG. *Introducing JSON.* 2017. Disponível em: <http://www.json.org/>. Acesso em: 17 nov. 2016.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. *Sistemas de informação gerenciais*. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MACORATTI, José Carlos. *Apresentando o AngularJS.* 2014. Disponível em: <http://goo.gl/0QH1zL>. Acesso em: 30 ago. 2016.

MASSI, L.; QUEIROZ, S. L. *Estudos sobre Iniciação Científica no Brasil*: uma revisão. 2010. Disponível em: <http://goo.gl/eIZRBp>. Acesso em: 24 fev. 2016.

MEDEIROS, Higor. *Padrão de Projeto Singleton em Java.* 2013. Disponível em: <https://goo.gl/VfC8Nl>. Acesso em: 17 nov. 2016.

MENEGASSI, André. *O que é: SPA – Single Page Application e REST/RESTFul.* 2015. Disponível em: <https://goo.gl/onjNEN>. Acesso em: 17 nov. 2016.

MISSIAGGIA, S. *A Importância da Iniciação Científica.* 2002. Disponível em: <http://goo.gl/dgXf42>. Acesso em: 22 fev. 2016.

MUNHOZ, Edmar. *Criando um CRUD em C#.* 2013. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/criando-um-crud-em-c/30384>. Acesso em: 17 nov. 2016.

ROGÉRIO, Pedro. *Review: Introdução ao AngularJS.* 2015. Disponível em: <https://goo.gl/IrVyDK>. Acesso em: 15 set. 2016.

SABBAGH, R. *Scrum*: gestão ágil para projetos de sucesso. Editora Casa do Código, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/PnZ5kf>. Acesso em: 28 fev. 2016.

UNIPAM, Coordenação de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão. *Projetos PIBIC.* 2016.

ZWICKER *et al. Grau de Informatização de Empresas*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 27. 13/07/2007.

Revista Perquirere. Patos de Minas, 15(3):152-163, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas

A inteligência artificial no processo de ensino/aprendizagem

Artificial intelligence in the process of teaching/learning

Letícia Ferreira Barcelos
Aluna de Sistemas de Informação, UNIPAM. e-mail: leticia.fbarcelos@outlook.com

Juliana Lilis da Silva
Mestre em Ciência da Computação pela UFU. Professora do UNIPAM.
e-mail: juliana@unipam.edu.br

RESUMO: Este artigo aborda o estudo das técnicas da inteligência artificial (IA) no processo de ensino-aprendizagem, apresentando as ferramentas existentes e dando ênfase em sua usabilidade e na utilização dessas aplicações. Dentro do contexto deste trabalho, são analisadas as técnicas de agentes inteligentes, redes neurais, sistemas especialistas e sistemas fuzzy. É demonstrado também como os *bots* podem ser utilizados para agregar conhecimento e auxiliar nos estudos dos alunos, além de demonstrar o quanto a tecnologia pode ser utilizada a favor da educação.
PALAVRAS-CHAVE: Ensino-Aprendizagem. Redes neurais. Sistemas especialistas. Sistemas fuzzy. *Chatterbot*.

ABSTRACT: This article deals with the study of artificial intelligence (AI) techniques in the teaching-learning process, presenting the existing tools and emphasizing their usability and use of these applications. Within the context of this work, the techniques of intelligent agents, neural networks, expert systems and fuzzy systems are analyzed. It is also shown how bots can be used to aggregate knowledge and help in student studies, as well as demonstrate how technology can be used in favor of education.
KEYWORDS: Teaching-Learning. Neural networks. Expert systems. Fuzzy systems. *Chatterbot.*

1. INTRODUÇÃO

É relevante integrar a tecnologia ao processo de ensino-aprendizagem do jovem, de maneira equilibrada e coerente, observando os aspectos benéficos e úteis do computador. Torna-se necessário realizar previamente uma avaliação consciente da máquina, desde a interface de interação usuário-máquina, analisando aspectos pedagógicos e de qualidade de software, até a situação pré-

jogo e pós-jogo que se deseja atingir (RIEDER; ZANELATTO; BRANCHER, 2017).

Inteligência artificial (IA) segundo Ribeiro (2010), é uma ciência multidisciplinar que busca desenvolver e aplicar técnicas computacionais que simulem o comportamento humano em atividades específicas. Um sistema IA não é capaz somente de armazenamento e manipulação de dados, mas também da aquisição, representação, e manipulação de conhecimento. Essa manipulação inclui a capacidade de deduzir ou inferir novos conhecimentos – novas relações sobre fatos e conceitos –, a partir do conhecimento existente, e de utilizar métodos de representação e manipulação para resolver problemas complexos que são frequentemente não quantitativos por natureza. Uma das ideias mais úteis que emergiram das pesquisas em IA é que fatos e regras – conhecimento declarativo – podem ser representados separadamente dos algoritmos de decisão – conhecimento procedimental (SCHUTZER, 1987).

Atualmente, com a capacidade de processamento dos computadores aumentando, percebe-se que a busca de informações através dos sistemas computacionais vem se tornando cada vez mais eficaz, e acredita-se que a IA seja uma das tecnologias que abrirão portas para os softwares do futuro.

Mesmo com todo esse avanço da atualidade, existem muitos estudos de ferramentas que aplicam técnicas da inteligência artificial no processo de ensino/aprendizagem. O surgimento dessas ferramentas é resultado do interesse dos pesquisadores em automatizar todo o processo de ensino e aprendizagem, tendo como objetivo facilitar o acesso ao conhecimento para todos, bem como fazer com que a aplicação se adapte ao perfil do aluno para o qual deverá ser efetuado o ensinamento (AGUIAR; HERMOSILLA, 2007).

Existem diversas ferramentas que disponibilizam ao estudante o conhecimento, e o aluno dependerá apenas de vontade de aprimorar e engrandecer seus conhecimentos, sem que haja dependência do professor para ministrar as aulas. Essas ferramentas baseiam-se em técnicas da IA, como redes neurais artificiais, sistemas especialistas, sistemas fuzzy e agentes inteligentes.

Neste contexto, e com o propósito de contribuir com as pesquisas e desenvolvimentos de IA, propõe-se neste projeto o estudo das técnicas de IA aplicadas ao processo de ensino/aprendizagem, visando identificar quais técnicas obtiveram melhores resultados e objetivando o desenvolvimento de um aplicativo inteligente que atenaa à área da educação.

Sendo assim, o objetivo deste projeto é identificar quais técnicas seriam mais eficientes para implementação de sistemas que consigam identificar o progresso e as dificuldades do aluno, propondo estratégias de ensino-aprendizagem que possibilitem ao aluno a construção do conhecimento.

Considerando o objetivo geral deste projeto, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um estudo sobre inteligência artificial aplicada à educação.
- Desenvolver um estudo sobre agentes inteligentes, compreendendo sua definição e aplicações.

- Estudar a inteligência artificial distribuída e suas aplicações na educação à distância.
- Realizar um estudo sobre redes neurais, sistemas especialistas e lógica fuzzy, compreendendo seus conceitos básicos e identificar sistemas que foram desenvolvidos com base nestas técnicas.
- Desenvolver o protótipo de um sistema inteligente para auxiliar no ensino-aprendizagem da disciplina de Programação.

Percebe-se que atualmente as pessoas lidam com um enorme fluxo de informações disponibilizadas pelas tecnologias de informação e comunicação. Em certos momentos torna-se difícil organizar os conteúdos de forma a facilitar a aprendizagem. Nesse sentido, a inteligência artificial pode ser utilizada para facilitar a busca pelo conhecimento uma vez que dispõe de mecanismos que podem ser implementados de forma a disponibilizar os conteúdos de acordo com o perfil e o ritmo de cada aluno.

Portanto, o estudo das técnicas de inteligência artificial e o desenvolvimento de um protótipo poderão comprovar e estabelecer novas possibilidades de uso da IA nos processos de ensino/aprendizagem.

Pode-se constatar também que ainda há muito para se desenvolver e inovar na área da educação, para que o aluno se sinta mais motivado e envolvido com sua busca pelo conhecimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados conceitos e estudos realizados sobre inteligência artificial, algumas técnicas de IA e também a aplicação destas na educação.

2.1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À EDUCAÇÃO

Pesquisadores da área de Informática Aplicada à Educação têm realizado diversas investigações sobre o uso das técnicas de inteligência artificial para desenvolvimento de ambientes de ensino-aprendizagem inteligentes. Esses ambientes caracterizam-se por modificar suas bases de conhecimento de acordo com a interação do aluno, adequando as estratégias de ensino-aprendizagem à realidade do aluno. Portanto, percebe-se que esses ambientes, por envolver o aluno no processo, apresentam um grande potencial de aceitação (BASSANI; FLORES; RITZEL, 2007).

Na inteligência artificial existem algumas técnicas aplicadas à resolução de problemas que partem da individualidade para a coletividade, e entre elas, estão os agentes inteligentes, que são entidades autônomas que visam atingir um resultado que será utilizado por outras entidades, constituindo sistemas multiagentes (FIGUEIREDO, 2010).

2.2. AGENTES INTELIGENTES

Um agente pode ser definido como um sistema capaz de perceber, através de sensores, e agir, através de atuadores, em um dado ambiente (RUSSELL; NORVIG, 2004). Um agente também deve ser capaz de aprender, através da experiência, a comunicar-se e cooperar com outros agentes. Sendo assim, um sistema pode utilizar-se da interação entre vários agentes (sistema multiagente).

Um agente deve ter as seguintes propriedades (FIGUEIREDO, 2010):

- Autonomia: Um agente deve agir sem intervenção humana direta, portanto, deve possuir algum tipo de controle sobre suas ações e seu estado interno;
- Reatividade: Um agente deve ser capaz de reagir aos estímulos externos produzidos pelo seu ambiente ou por outros agentes;
- Pró-atividade: Um agente não somente reage ao seu ambiente, mas também deve exibir um comportamento orientado à satisfação de seus objetivos (orientação a objetivos).
- Intencionalidade: Capacidade de representação explícita dos seus objetivos;
- Racionalidade: Habilidade de agir de forma a atingir seus objetivos e não contra eles;
- Continuidade temporal: Persistência de identidade por longos períodos de tempo;
- Sociabilidade: Habilidade de interação com outros agentes através de mecanismos de comunicação;
- Benevolência: Capacidade de cooperar com outros agentes;
- Adaptabilidade: Capacidade de aprender através da experiência;
- Mobilidade: Capacidade de mover-se de um ambiente para outro.

Um agente não precisa ter todas as características citadas, no entanto, deve apresentar aquelas que irão definir o comportamento do agente para o ambiente para o qual está sendo desenvolvido (FIGUEIREDO, 2010).

2.3. REDES NEURAIS E APLICAÇÕES

O funcionamento das redes neurais artificiais é baseado no conhecimento científico sobre como o cérebro humano processa informações, que por sua vez distingue-se do processamento de computadores comuns, por ter a capacidade de reconhecer padrões, perceber situações e imagens já vistas, controlar os movimentos de forma sincronizada para realizar atividades, entre outros. Portanto, as redes neurais são capazes de resolver problemas de grande complexidade, paralelos e de forma não-linear. O cérebro humano, nos primeiros anos de vida, tem grande capacidade de aprendizagem, habilidade que se reduz ao longo dos anos, mas nunca é extinta. Assim, há acúmulo de experiência com o tempo, sendo possível a

conclusão de um problema baseado na aprendizagem adquirida. As redes neurais artificiais têm o mesmo princípio, ou seja, o ambiente a que a rede é submetida influi na forma pela qual o conhecimento é adquirido. O processo de aprendizagem se baseia em um algoritmo que altera, de maneira ordenada, os pesos sinápticos da rede (HAYKIN, 2008).

Uma publicação que aborda a aplicação de redes neurais artificiais na educação foi criada por Paim *et al*. (2006). Os autores estudaram a criação de um site com conteúdo sobre câncer de mama que é utilizado para aprimorar os conhecimentos que os alunos da área da saúde recebem em sala de aula. No desenvolvimento deste site foi definido que a adaptação deveria ocorrer somente na interface apresentada ao usuário com a utilização de mídias distintas na apresentação de conteúdos, de acordo com as características individuais de cada usuário. Para desenvolver estes mecanismos de adaptação, foram utilizados dois tipos de redes neurais artificiais: MLP (*Multilayer Perceptron*), que é uma rede de múltiplas camadas organizadas em uma ordem, em que os neurônios de uma camada estimulam todos os neurônios da camada seguinte; e IAC (*Interaction Activation and Competition*), que são redes neurais artificiais usadas para modelar memória e generalizações intuitivas, formadas por nós ou neurônios artificiais que são organizados e ativados de forma a imitar os comportamentos da memória humana.

2.4. SISTEMAS ESPECIALISTAS

"Sistemas especialistas são programas que utilizam conhecimento e procedimentos inferenciais para resolver problemas que normalmente requerem muita perícia humana" (WEBBER; BOFF, BONO, 2009, p. 1). Um sistema especialista manipula o conhecimento, faz inferências às informações fornecidas pelo usuário e busca soluções aplicando esse mesmo conhecimento.

Do ponto de vista educacional, a maioria dos sistemas especialistas tem pouca utilidade direta, porque não foi projetada para ensinar. Entretanto, a estrutura do sistema especialista serve perfeitamente para ser adaptada para a construção de sistemas tutoriais, proporcionando um grande potencial para a criação de ambientes educacionais. Portanto, um sistema tutorial não necessita somente do conhecimento de seu domínio, mas também da perspectiva sobre este conhecimento que permita transmiti-lo ao estudante adequadamente.

2.5. APLICAÇÕES DE SISTEMAS FUZZY

A lógica difusa ou fuzzy é uma forma de lógica multivalorada, em que os valores lógicos das variáveis podem ser qualquer número real entre 0 (falso) e 1 (verdadeiro), sendo possível trabalhar com uma grande variedade de informações vagas e incertas, como, por exemplo, mais ou menos, talvez, etc.

Vahldick, Santiago e Raabe (2008) relatam a utilização de técnicas fuzzy em ambientes inteligentes de aprendizagem. Os documentos citados pelos autores são

separados nos seguintes componentes de um ambiente inteligente de aprendizagem: modelo do aluno, avaliação de aprendizagem e projeto instrucional. Entre esses três componentes, destaca-se o projeto instrucional, que, segundo os autores, é uma das mais importantes aplicações que utilizam lógicas fuzzy na educação. Esse projeto é voltado para a seleção da busca de material instrucional, seleção esta que se caracteriza pelo processo de procurar materiais seguindo restrições estabelecidas pelo usuário ou pelo sistema. Conforme Vahldick, Santiago e Raabe (2008, p. 3), "o sucesso desse processo depende do balanceamento entre a quantidade de conjuntos e a pertinência dos materiais dentro desses conjuntos: quanto mais conjuntos um material pertencer, maior a chance de ele aparecer repetidas vezes ao aluno". Porém, relatam os autores (2008) que esses materiais podem não estar devidamente relacionados ao assunto relevante para o aluno. O processo de geração automática depende do modelo do aluno, seja para inferir o caminho em que ele está seguindo ou para caminhos já seguidos por colegas de turma ou de turmas anteriores (VAHLDICK; SANTIAGO; RAABE, 2008).

3. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Nesta seção são apresentados dados referentes ao desenvolvimento e resultados analisados sobre inteligência artificial, algumas técnicas de IA, *chatterbots* e também a aplicação destas na educação.

3.1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ÁREAS

De acordo com o cronograma proposto para o desenvolvimento deste projeto, foram desenvolvidos estudos referentes à inteligência artificial e suas diferentes áreas de atuação, sendo elas sistemas especialistas, redes neurais, inteligência artificial distribuída, agentes inteligentes e inteligência artificial aplicada à educação.

A inteligência artificial pode ser utilizada de diferentes maneiras, como na realização de pesquisas, na resolução de problemas, no planejamento automatizado, na compreensão de linguagem natural, nas metodologias de representação de conhecimento, no raciocínio e no raciocínio probabilístico, na aquisição de conhecimentos, na robótica e até mesmo na construção de jogos.

Os sistemas especialistas não foram, em sua essência, projetados para ensinar, não possuindo uma utilidade direta na área educacional. Entretanto, podem proporcionar ao estudante ótimos sistemas tutoriais, o que atualmente é bastante utilizado em diversas faculdades, devido ao fato de ele ser a ferramenta mais adequada para a realização de treinamentos e por possuir certa perspectiva sobre o conhecimento que deverá transmitir.

As redes neurais têm como iniciativa imitar sistemas neurais biológicos/cérebro, podendo aumentar suas habilidades de capacidade de identificação e resolução de problemas, tendo como resultado técnicas de aprendizado automático. O

modelo de RNA é um modelo computacional de extrema importância no processo de ensino-aprendizagem, por possuir aumento na capacidade de armazenamento de informações, análise sistemática dos dados apresentados e de reformulação de novas abordagens para resolver os problemas propostos. Mesmo possuindo ótima atuação na área educacional, acredita-se que as redes neurais possam ser mais bem utilizadas em casos clínicos, em que a resposta seja o esperado, e não em sistemas em que se espera aumentar e aprimorar o conhecimento do aluno.

A inteligência artificial distribuída tem como foco principal a comunicação entre sistemas inteligentes e a criação de agentes inteligentes autônomos. Em suas implantações existentes, a maioria das arquiteturas realizam essa comunicação entre diversos sistemas inteligentes, trabalhando de forma cooperativa para resolver os problemas.

3.2. AGENTES INTELIGENTES: *CHATTERBOT*

Segundo Damião, Caçador e Lima (2014), o termo "agentes inteligentes" refere-se a um recurso de programação que representa elementos autônomos, que têm a capacidade de manipular, trocar informações e também conhecimento, sendo, portanto, entidades que, através da codificação nelas inserida, conseguem, com um grau de independência, executar as operações que lhes foram designadas.

Um exemplo de agente inteligente são os *bots*, os quais utilizam o processamento de linguagem natural (PNL) e a técnica de *machine learning*, ou aprendizado de máquina, que consiste, através de uma "personificação" de outro ser humano, atender ao usuário da maneira mais dinâmica e assertiva possível.

Machine learning é um método de análises de dados, que é utilizado em diversos processos online, pois com ele é possível coletar, analisar e categorizar os dados gerados ou inseridos. No ramo educacional, também é possível utilizar essa técnica, como, por exemplo, em cursos online ou EAD, em que é possível medir a eficácia, a qualidade e os métodos propostos, além de ajudar aos professores a expandir consideravelmente o conhecimento dos alunos. O *machine learning* pode ser utilizado também em situações diárias, como escolher um filme, calcular o tempo de espera em um pronto socorro, realizar o reconhecimento facial em fotos, traçar uma rota alternativa em grandes congestionamentos e até mesmo indicar a qualidade de um vinho, deixando, assim, mais fáceis de serem realizadas algumas tarefas que parecem complicadas, poupando tempo em dias de correria.

Existem diferentes tipos de *bots*, como o de motivação, que tem como função animar e motivar os alunos; o de revisão, que auxilia os alunos a melhorar seus pontos fracos e compreender matérias; e o de avisos, que foca e prepara os alunos para os testes e provas. Existem outros, como o social, que verifica as pessoas que gostariam de montar um grupo de estudo e elabora os melhores horários; e também o que permite encontrar pessoas próximas que possam explicar determinada dúvida.

Já a utilização de robôs nas conversações educacionais pode ser de extrema

vantagem, sendo que estes são treinados para tirar dúvidas e direcionar o interlocutor para o caminho mais apropriado de acordo com suas necessidades. Deve-se considerar também o fato de que o interlocutor pode se sentir mais à vontade ao realizar as indagações ao *chatterbot*.

Um dos *chatterbots* estudados foi o Elektra, que possui uma maneira dinâmica para poder chamar a atenção dos alunos, pois exige uma participação muito ativa, em que o interlocutor direciona o diálogo. Por meio das conversas, é possível realizar o levantamento de dados e verificar o que deve ser alterado ou adicionado, podendo-se criar, assim, novas categorias, para poder deixar o diálogo mais natural e abrangente.

Realizando a análise de todos os métodos estudados, é perceptível o quanto e como cada um possui espaço para crescimento e implantação. Entretanto, mesmo cada um sendo específico, todos podem ser utilizados na área educativa, mas atuando de diferentes maneiras e abordagens. O sistema especialista pode ser utilizado na implementação de tutoriais. A rede neural pode ser aplicada no treinamento de como seria o raciocínio realizado pelo ser humano. A inteligência artificial distribuída realizaria a comunicação entre vários agentes inteligentes, podendo ser implementada em qualquer situação. E os agentes inteligentes seriam treinados para realizar qualquer função com autonomia, lembrando que a função que é realizada pelos agentes é o que lhe foi passado para treinar. Sendo assim, não existe um melhor ou pior, mas existe aquele que se adapta à proposta feita, tendo assim, que ser analisada cada funcionalidade desejada para depois se identificar a melhor técnica a ser implementada.

Como o objetivo proposto é identificar quais técnicas seriam mais eficientes para implementação de sistemas que consigam identificar o progresso e as dificuldades do aluno, propondo estratégias de ensino-aprendizagem que possibilitem ao aluno a construção do conhecimento, seria mais adequada a utilização de agentes inteligentes, mais especificamente a criação de *bots*, para que haja uma interação do aluno com a máquina e não haja nenhum constrangimento referente às dúvidas existentes. Além disto, essa tecnologia está sendo aprimorada de forma contínua.

Na construção de um *chatbot*, a maneira mais fácil de atingir o usuário é construí-lo em ambientes que já são utilizados pelos seres humanos, como, por exemplo, as redes sociais. Visto que atualmente grande parte da sociedade possui acesso a pelo menos uma rede social, este meio pode ser mais certeiro ao público-alvo designado, os estudantes. Mas também pode ser construído um *bot* com o sistema de troca de conversas separadamente, como se fosse um sistema de atendimento ao cliente, mantendo o sistema integrado ao site da faculdade, ou até mesmo a um ambiente único para ele.

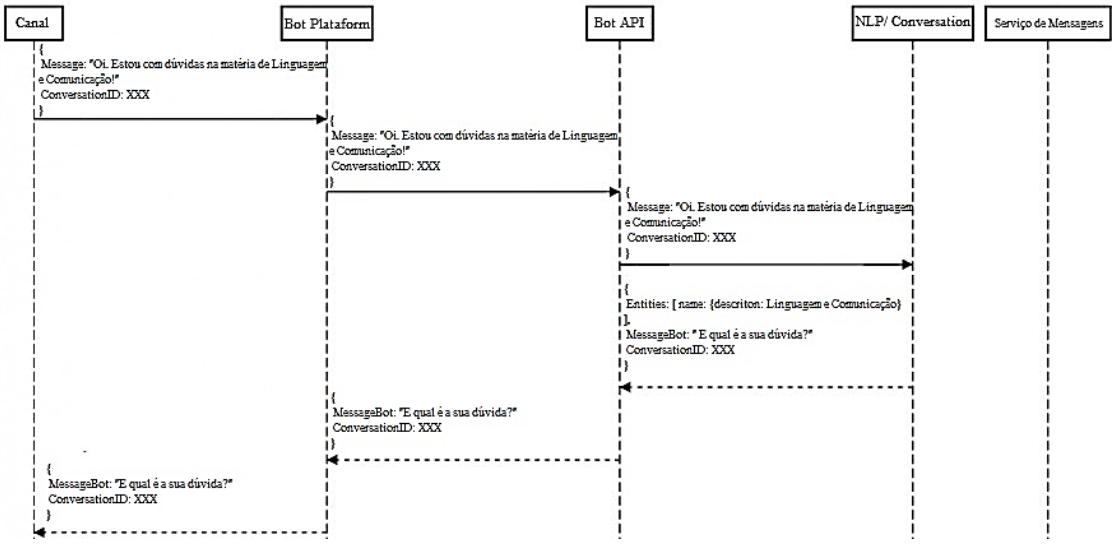
Na proposta atual, a utilização desse sistema seria mais assertiva se agregada ao site da faculdade, ou até mesmo ao portal acadêmico, que é onde existe um grande fluxo de interessados.

Além das vantagens educacionais, os *bots* são versáteis, amigáveis, engajadores e personalizáveis, o que os torna de fácil entendimento para o usuário final.

O que é necessário para fazer um bom sistema independente de sua área ou até mesmo do método é realizar estudos do que deve ser feito e realizar a técnica com exatidão.

Na Figura 1, está representado o diagrama de sequência do fluxo de mensagens entre o usuário final e o *bot*. Nele, quando o Usuário Final enviar uma mensagem através do canal, ela passará pela *Bot Plataform*, que é responsável pela integração entre o canal e a API criada. A mensagem logo passará pela API, e após ser processada, irá para a NPL/Conversation, que, se necessário, irá chamar o serviço de mensagens, mas, caso contrário, apenas irá verificar quais as entidades necessárias para que o bot compreenda a solicitação do usuário. Após realizar essa verificação (no nosso caso, é a disciplina "Linguagem e Comunicação"), o *bot* retornará, através dessas mesmas camadas, com uma resposta, ou algo que o ajude mais ainda a compreender o que o usuário final precisa para obter respostas concretas e satisfatórias, sendo que esse fluxo de troca de mensagens poderá ocorrer diversas vezes, até que o usuário esteja direcionado em sua pergunta.

FIGURA 1. Diagrama de Sequência do Fluxo de Mensagens

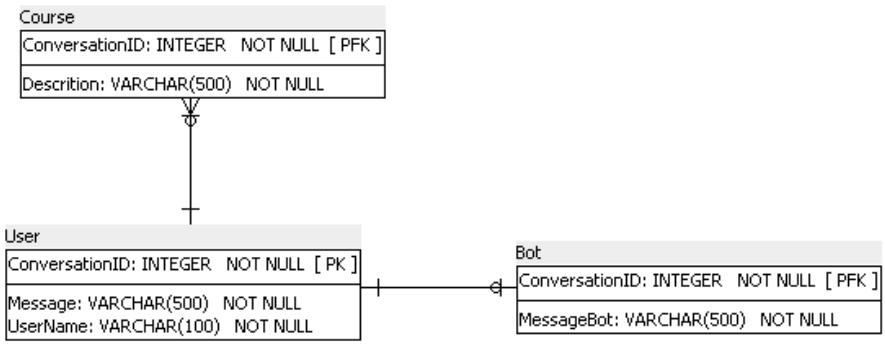


Fonte: Elaborado pelas autoras

Na Figura 2, pode ser analisado o funcionamento do armazenamento dos dados utilizados durante a troca de conversas, em que todos os dados serão armazenados através da variável "ConversationID". Ao realizar a chamada para conversar com o *bot*, essa variável já será salva, e durante a troca de mensagens, como pode ser visto na figura 1, tanto nas mensagens enviadas pelo usuário, quanto nas enviadas pelo robô, o id acompanha as mensagens em todo o fluxo, e assim que esse atendimento for finalizado, a variável será iniciada com um novo id. Na mo-

delagem do banco, e com o diagrama de sequência, é possível compreender melhor como é realizado o processo. Nele, é necessário um canal para o funcionamento do *bot*, sendo esse canal a interface em que o usuário conseguirá visualizar as mensagens. Logo, a *Bot Plataform* é a responsável por chamar alguma inteligência já existente, como, por exemplo, o LUIS (Language Understanding Intelligent Service), que oferece um serviço de IA pronto para que, a partir de outro serviço, seja possível a utilização da inteligência dele. Esse serviço é a Bot API, que faz a conexão da IA ao canal, e chama a NLP/Conversation, que é a camada responsável pelo armazenamento das entidades e expressões que o bot deverá verificar, para responder ao usuário final.

FIGURA 2. Diagrama em Linguagem de Modelagem Unificada (UML)



Fonte: Elaborado pelas autoras

O *bot* proposto tem como objetivos principais resolver, auxiliar e orientar o usuário final em seus estudos, de tal forma que ele consiga com exatidão mostrar ao usuário o esperado para que ele siga com seus estudos. Para a continuação do projeto, pretendo utilizar o LUIS, que é uma IA já existente, a qual consegue realizar todo esse processo, captando as intenções (palavras importantes para resposta do *bot*) e expressões (simulação de expressões humanas), e respondendo ao usuário através desses microserviços.

Como resultado final, foi analisado que a maioria dos sistemas desenvolvidos especificamente para a área educacional possui como objetivo principal ser um complemento aos estudos principais, podendo ser utilizada também nos ensinos EAD e plataformas de cursos online, não havendo uso restrito a alguma área da IA específica.

4. CONCLUSÃO

Após analisar as aplicações de inteligência artificial no processo de ensino/aprendizagem através de redes neurais artificiais, sistemas especialistas e sistemas fuzzy, concluiu-se que já existem diversos projetos que incentivam o aper-

feiçoamento das técnicas de inteligência artificial no desenvolvimento de aplicações voltadas à educação. Entretanto, percebe-se que ainda há muito a melhorar, pois a cada dia que passa, as tecnologias vão evoluindo, e a educação é um setor que não pode ficar estagnado.

Cada área de inteligência artificial possui um lugar em que melhor se enquadra, e pode-se identificar que atualmente a mais aplicada no processo de ensino são os sistemas especialistas, devido a sua função, que é reproduzir o comportamento especialista humano na resolução de problemas do mundo real.

Através das análises demonstradas no tópico anterior, é perceptível como a utilização do *machine learning* é semelhante ao ensino que se oferece a um ser humano, em que é necessário um certo tempo para que seja ensinado algo à máquina e para que seja assimilado e retornado o valor esperado após o ensino.

A inteligência artificial existe há muitos anos e encontra-se em ascendência desde seu surgimento. Quando se pensa em aplicações futuras, pode-se idealizar um projeto que realize a junção de todas as técnicas, podendo assim auxiliar no processo de ensino/aprendizagem, que, se comparado ao atual, poderá obter resultados mais eficazes, com uma melhor qualidade de ensino e também uma com melhores formas de avaliar o conhecimento que foi adquirido pelos alunos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. HERMOSILLA, L. Aplicações da Inteligência artificial na educação. *Revista Científica Eletrônica de Psicologia*, 6(2007): 1-7.

BASSANI, P. B. S.; FLORES, M. B.; RITZEL, M. *Modelando acessibilidade na web:* uma proposta para o desenvolvimento de material didático baseado no perfil do usuário. *Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação*, 5(1): 1-10, 2007.

DAMIÃO, Mateus; CAÇADOR, Rodrigo M. C.; LIMA, Sérgio M. B. Princípios e aspectos sobre agentes inteligentes. *Revista Eletrônica da Faculdade Metodista Granbery*, 17 (2014): 1-29.

FIGUEIREDO, Y. K. S. *Modelagem de ferramentas focadas em ontologias para a EaD baseadas em teorias sociais e agentes inteligentes.* Monografia (Curso de Ciência da Computação), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

HAYKIN, S. *Redes neurais:* princípios e prática. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

PAIM, R. L. *et al*. *Sistema hipermídia com interface adaptativa em câncer de mama usando redes neurais artificiais MLP e IAC*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Florianópolis, 2006.

RIEDER, R.; ZANELATTO, E. M.; BRANCHER, J. D. *Observação e análise da aplicação de jogos educacionais bidimensionais em um ambiente aberto.* Disponível em <http://www.academia.edu/14724958/Observa%C3%A7%C3%A3o_e_an%C3%A1lise_da_aplica%C3%A7%C3%A3o_de_jogos_educacionais_bidimensionais_em_um_ambiente_aberto> Acesso em 15 fev. 2017.

RICH, E. *Inteligência Artificial*. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

RUSSELL, Stuart J.; NORVING, Peter. *Inteligência Artificial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

SCHUTZER, D. *Artificial intelligence*: an applications-oriented approach. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1987.

VAHLDICK, Adilson; SANTIAGO, Rafael de; RAABE; André L.A. *O uso de técnicas Fuzzy em ambientes inteligentes de aprendizagem.* São José, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2008.

WEBBER, C.; BOFF, Elisa; BONO, Fernanda. *Ferramenta especialista para avaliação de software educacional*. 2009. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Caxias do Sul. Disponível em < http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1115> Acesso em 20 fev. 2017.

Revista Perquirere • 15(3):164-177, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Arquitetura e desenvolvimento de aplicação mobile de *streaming* de vídeo para EaD

Architecture and development of mobile application of video streaming for distance education

Douglas Henrique Pereira Tiago
Graduando em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: douglas_hptiago@hotmail.com

Eduardo Henrique Silva
Professor Orientador. Especialista em Engenharia de Software e Professor no Curso de Sistemas de Informação no Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.
e-mail: eduardohs@unipam.edu.br

RESUMO: O presente artigo apresenta soluções para se disponibilizar *streaming* de vídeo em aplicações *mobile* e aborda assuntos e questões que devem ser levados em consideração ao se desenvolver uma aplicação voltada para o contexto educacional. A aplicação possibilita que, depois de autenticado, o aluno tenha acesso às aulas previamente gravadas e disponibilizadas em *streaming* de vídeo. O sistema foi desenvolvido utilizando-se o *Xamarin Forms*, o Visual Studio 2015 e o *Google Drive*. O resultado final mostrou-se satisfatório, atendeu aos requisitos previamente levantados e possibilita a reaplicação em diversas outras aplicações *mobile*.
PALAVRAS-CHAVE: *Video Streaming*. *Video on Demand*. *Mobile. Ensino a Distância.*

ABSTRACT: This article presents solutions to make streaming videos available in mobile applications and questions that should be taken into account when developing an application focused on the educational context. The application allows that after authenticated the student has access to the lessons previously recorded and made available in video streaming. The system was developed using Xamarin Forms, Visual Studio 2015 and Google Drive. The final result was satisfactory, met the requirements previously raised and allow reapplication in the development of other mobile applications.
KEYWORDS: *Video Streaming*. *Video on Demand*. *Mobile. Distance learning.*

---

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas voltadas para a transmissão de som e imagem possibilitaram o desenvolvimento de uma das tecnologias mais utilizadas atualmente, o *streaming* de mídia. Com a infraestrutura que se tem atualmente, *streamings* de alta qualidade de som e imagem são possíveis e possibilitaram que diversas aplicações e serviços surgissem, como, por exemplo, *Youtube*, *Netflix*, *Spotify*, etc. (ÁVILA, 2008).

Em um contexto educacional, o *streaming* de mídia vem sendo utilizado por diversas instituições de ensino, que, além de fornecer cursos presenciais, atualmente estão adotando uma nova modalidade de ensino, a Educação a distância, ou EaD (OLIVEIRA, 2013). A EaD é uma modalidade de ensino em que não só professores e alunos estão separados fisicamente, mas a proposta de ensino é diferenciada. O aluno não fica limitado às restrições de tempo e de espaço, pressupostos da educação presencial (OLIVEIRA, 2013).

O objetivo deste artigo é desenvolver uma aplicação *mobile* de *streaming* de *video on demand* para a Educação a Distância (EaD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), que possibilitasse que os alunos tivessem acesso às aulas previamente gravadas e disponibilizadas pelos professores na aplicação, assim como descrever e documentar de forma sucinta toda a análise envolvendo a criação da arquitetura da aplicação, servindo assim como modelo para outras aplicações.

Servidores de *streaming* são caros. Assim, com este artigo, foram buscadas soluções mais viáveis. Buscou-se também conhecer e utilizar padrões, técnicas e boas práticas de desenvolvimento de *software* para desenvolver uma aplicação *mobile* com *layout* moderno e intuitivo, assim como com a qualidade e o desempenho esperados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção são apresentados os conceitos referentes ao *streaming* de vídeo, *VoD* (*video on demand*), as soluções encontradas para o *streaming* de vídeo na aplicação e outras definições importantes para o desenvolvimento do artigo.

2.1. *DOWNLOAD*

Quando se faz o *download* de um arquivo, ele é salvo no computador ou celular (normalmente em uma pasta temporária) e, posteriormente, é executado, possibilitando assim sua visualização. Isso tem algumas vantagens (como acesso mais rápido a diferentes partes do arquivo), mas tem a grande desvantagem de ter que se esperar o arquivo inteiro ser baixado antes de vê-lo. Se o arquivo for pequeno, isso pode não incomodar muito, mas caso o arquivo seja grande, pode ser muito desagradável (MEDIA COLLEGE, 2017).

2.2. *STREAMING*

O *streaming* de mídia funciona um pouco diferente: o usuário final pode começar a assistir o arquivo quase assim que ele começa a baixar. Dessa forma, o arquivo é enviado para o usuário em um fluxo (mais ou menos) constante, e o usuário observa como ele chega. A vantagem com este método é que nenhuma espera está envolvida. A transmissão de mídia tem vantagens adicionais, como ser capaz de transmitir eventos ao vivo (MEDIA COLLEGE, 2017).

De acordo com Santos (2010), ao contrário da internet, em que o *download* é ainda a forma mais popular de distribuição de conteúdo, nos aparelhos móveis, a distribuição de conteúdo multimídia está mudando rapidamente para o *streaming*, pois este apresenta algumas vantagens quando comparado com a reprodução local após *download*:

- Os dados não são gravados permanentemente para o cliente final (ideal para equipamentos móveis em que a dimensão da memória é mais reduzida);
- O usuário não necessita de esperar que todo o conteúdo seja recebido para iniciar a reprodução;
- Possibilita a reprodução de programas diretamente;
- Uma grande vantagem para os fornecedores de serviços é o fato de não ser possível ao usuário final reencaminhar ou enviar os conteúdos para outros utilizadores, e por isso, os conteúdos podem ser cobrados a cada vez que são consumidos.

2.3. *VOD (VIDEO ON DEMAND)*

Segundo Paes (2007), no VoD os vídeos são armazenados num servidor e ficam disponíveis para serem acessados e transmitidos de acordo com os pedidos dos clientes. O cliente que pede o vídeo pode assistir qualquer parte dele no tempo que desejar.

2.4. SOLUÇÕES ENCONTRADAS

2.4.1. API Google Drive

Essa API possibilita consultar e fazer o *download* e o *upload* de arquivos do *Google Drive*. Ela fornece duas formas de trabalho, através do *Android* e via *HTTP* (GOOGLE DRIVE, 2017).

2.4.2. API Youtube

A API do *Youtube* possibilita a visualização de qualquer vídeo que esteja disponível no serviço, precisando-se saber apenas qual é o seu identificador (*key*),

e também fornece um *player* para o *Android* e métodos que fornecem diversas informações do vídeo, como progresso, descrição, título e checagem da disponibilidade da API. Através dos métodos que são disponibilizados, faz-se possível a criação de *players* customizados. O *player* está disponível apenas para a plataforma *Android*, sendo que no *iOS* é fornecida uma *library* que trabalha a visualização dos vídeos em formato *Embedded* (YOUTUBE, 2017).

2.4.3. Plugin Video Player

É um plugin voltado para o desenvolvimento no *Xamarin Forms*. Ele possibilita a execução de vídeos informando-se URLs válidas (com a extensão do arquivo no final do URL) e possibilita fazer *streaming* de sites populares como o *Youtube* e o *Vimeo*, sendo necessária a criação de adaptadores na aplicação, adaptadores estes que também são disponibilizados através de um *sample* disponibilizado no próprio site do *plugin* (FISHER, 2017).

2.4.4. WebView em conjunto com *Embedded Vídeos*

O *WebView* é um componente bastante utilizado no desenvolvimento de aplicativos, o qual é capaz de exibir páginas da *web* sem que seja necessário abrir outro programa separadamente. O *Embed* é um tipo de tag *HTML* para mídia, usada para incorporar arquivos multimídia de áudio e vídeo. Alguns sites disponibilizam seus vídeos dessa forma, possibilitando a exibição dos vídeos em sites e aplicativos. Tudo o que se deve saber é o URL a ser utilizado para exibir o vídeo em conjunto com a sua *key* (XAMARIN, 2016). Exemplos de URLs disponibilizados pelos sites *Youtube*, *Vimeo* e *Google drive*:

- *Youtube*: https://www.youtube.com/embed/ + *key* do vídeo;
- *Vimeo*: https://player.vimeo.com/video/ + *key* do vídeo;
- *Google Drive*: https://drive.google.com/file/d/ + *key* do vídeo + /preview.

2.5. PADRÕES UTILIZADOS

2.5.1. Padrão *Model, View e Controler – MVC*

Esse padrão segue a seguinte premissa: dividir a aplicação em três ou mais partes/camadas, sendo estas *Model, View* e *Controller*. De forma sucinta, a camada *Model* é responsável por gerenciar um ou mais elementos de dados, responde a perguntas sobre o seu estado e responde a instruções para mudar de estado. A *View* apresenta as informações para o usuário através de uma combinação de gráficos e textos, e o *Controller* é o responsável por interpretar as entradas dos dados, enviar para o modelo (*Model*) e/ou para a janela de visualização (*View*) para efetuar a alteração apropriada (MEDEIROS, 2013).

2.5.2. *Factory Method*

O padrão *Factory Method* encapsula a criação de objetos deixando as subclasses decidirem quais objetos criar. Dessa forma, o código de criação fica em um objeto ou método, evitando assim a duplicação. Além disso, tem-se um local único para fazer manutenção. O padrão faz com que se tenha um código flexível e extensível para o futuro (MEDEIROS, 2012).

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do artigo e da aplicação, foi adotada a metodologia ágil *Kanban*. Segundo Beck *et al*. (2001), as metodologias ágeis basicamente vêm com a seguinte premissa:

- Indivíduos e interação entre eles mais que processos e ferramentas;
- *Software* em funcionamento mais que documentação abrangente;
- Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos;
- Responder a mudanças mais que seguir um plano.

As decisões que foram tomadas, ao se definir a solução ideal para o *streaming* de vídeo na aplicação, ocorreram da seguinte forma: inicialmente foi realizado um estudo buscando encontrar soluções viáveis financeiramente para se fazer *streaming* em aplicações mobile, assim como, alguns executáveis dessas soluções foram criados. Posteriormente uma análise foi feita, a fim de se decidir qual delas melhor se adequaria à aplicação. Com a arquitetura de *streaming* definida, foi necessário pensar na arquitetura do aplicativo e na integração com ela; desta forma, foi iniciado um estudo a fim de se conhecer e utilizar os padrões de desenvolvimento. Posteriormente foi realizado o levantamento dos requisitos que compõem a aplicação e foram criados diversos protótipos do aplicativo com base neles.

Fazendo-se uso de todos os conhecimentos até então levantados, foi realizado o desenvolvimento do aplicativo. Inicialmente ele seria desenvolvido no *Android Studio*, porém, decidiu-se por criá-lo no Visual Studio com o *Xamarin Forms*, por possibilitar um desenvolvimento *cross platform*, para o *Android* e o *iOS*. A aplicação de testes no decorrer do desenvolvimento assegurou que o aplicativo não apresentasse erros e atendesse aos requisitos levantados.

4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os processos realizados e os resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema.

4.1. ANÁLISE E ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO PARA A APLICAÇÃO

A análise foi feita com base nos objetivos do artigo. A Tabela 1 mostra sucintamente as informações resultantes da criação dos executáveis e pesquisas realizadas.

TABELA 1. Análise das Soluções encontradas

Solução	Qualidade	Desempenho	Disponibilidade	Plataforma	Diferencial	Limitadores
API Youtube	Sim	Sim	Não. Os Termos de uso da API não garante a disponibilidade da mesma.	*Android* e *iOS*	Possibilita a criação de um *player* customizado no *Android*.	Apenas vídeos do *Youtube.*
API Google Drive	Indefinido	Indefinido	Indefinido	*Android* e *HTTP*	Possibilita uma integração muito útil com o *Google Drive.*	Nada official voltado para a aplicação da API no *Xamarin Forms* e pouco material de pesquisa disponível na *Web*.
Plugin Video Player	Sim	Sim	Sim	*Xamarin Forms* (*Android* e *iOS*)	Possibilita a execução de videos de fontes do *Youtube* e *Vimeo*.	Não possibilita a execução de videos do *Google Drive*. Requisito solicitado pela instituição.
Web-View	Sim	Sim	Sim	*Xamarin Forms* (*Android* e *iOS*)	Inúmeras possíbilidades. Exibição de vídeos e documentos de fontes diversas utilizando o formato *Embed*.	Para ver o vídeo é preciso clicar duas vezes no vídeo para que ele seja executado.

Fonte 1: Elaborado pelos autores, 2017

Todas as soluções possuem meios de impossibilitar o acesso aos endereços (URLs) dos vídeos, impossibilitando também o seu compartilhamento indesejado, caso esse seja um dos requisitos solicitados pela instituição.

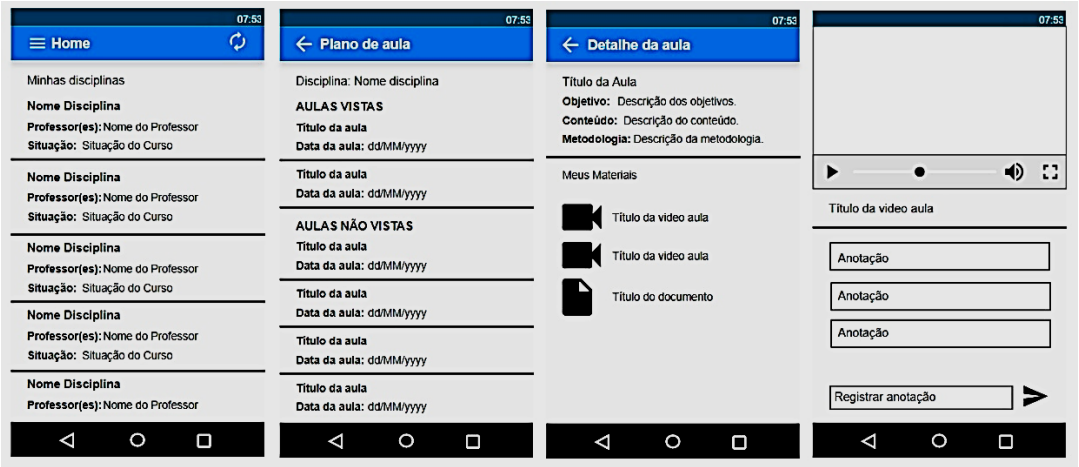
Com exceção do *Plugin Video Player*, todas as soluções são gratuitas para sua utilização. Para se utilizar o *Plugin Video Player*, deve-se desembolsar apenas $45,00 dólares.

A *Web View*, em conjunto com os *Embedded Videos*, mostrou-se a melhor solução dentre as encontradas, pois possibilitava não só a exibição de *Embedded Videos*, mas de arquivos variados no formato *Embed*, através do *Google Drive* e também de outras fontes, o que para uma instituição de ensino voltada para ensino a distância é bem interessante.

4.2. PROTOTIPAÇÃO

Com base nos dados que deveriam ser consumidos e exibidos no aplicativo, protótipos das páginas foram criados, e através deles se definem quais funções devem ser implementadas e como os dados serão exibidos na aplicação através delas. Alguns dos protótipos criados podem ser vistos na Figura 1.

FIGURA 1. Protótipos das páginas da aplicação



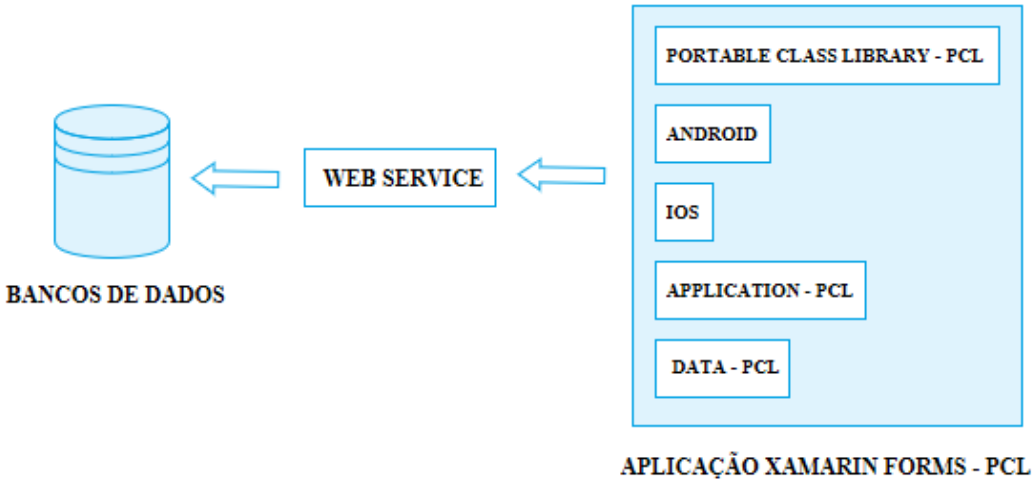
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

4.3. ARQUITETURA DA APLICAÇÃO

De forma sucinta e conforme pode-se ver na Figura 2 a arquitetura da aplicação, que possui bancos de dados que serão consumidos por um *Web Service*, o qual será utilizado pela aplicação *Xamarin Forms - PCL*. A aplicação *Xamarin Forms* possui 5 camadas, sendo elas: PCL principal, PCL *Application*, PCL *Data*, *Android* e *iOS*.

Em uma aplicação *Xamarin Forms*, a camada *Portable Class Library – PCL*, possibilita que se criem páginas em *XAML* que são interpretadas pelo *Android* e pelo *iOS*, possibilitando assim a criação de páginas e funções para ambas as plataformas. Ela também possibilita a criação de funções específicas para cada uma delas quando necessário.

FIGURA 2. Arquitetura da aplicação.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Requisições ao *Web Service* são feitas, e os dados resultantes dessas requisições são armazenados em um banco de dados interno do aplicativo, posteriormente consultas ao banco de dados interno são feitas e os dados são exibidos nas páginas. Dessa forma, garante-se o acesso aos dados, mesmo que não se esteja conectado à rede, e o usuário atualiza os dados quando desejar.

4.3.1. Bancos de dados

A instituição possui mais de um banco de dados e eles foram utilizados ao se criar o *web service*.

4.3.2. *Web Service*

O *web service* foi criado no *Visual Studio*, e em sua criação foi utilizado o padrão MVC, responsável por receber as requisições que serão feitas pelo aplicativo e com base nelas realizar as consultas aos bancos de dados da instituição e retornar o resultado proveniente dessas consultas.

Após a criação do *web service*, testes foram feitos através do *Postman* – extensão para o *Google Chrome* que permite fazer requisições do tipo POST – para verificar se o *service* estava de fato funcionando conforme o esperado.

Tanto as requisições ao *service* quanto as respostas geradas por ele trabalham com o *JavaScript Object Notation* (JSON), notação bastante utilizada para intercâmbio de dados. Para visualizar melhor o resultado obtido através do *Postman* foi utilizado o site http://jsonviewer.stack.hu/, que disponibiliza uma visualização melhor das respostas.

4.3.3. Aplicação *Xamarin Forms – PCL*

O aplicativo foi desenvolvido no *Visual Studio* com o *Xamarin Forms* através das PCLs e foi projetado utilizando-se os padrões de projeto MVC e *Factory Method*. Basicamente as camadas da aplicação podem ser descritas, de acordo com suas responsabilidades, da seguinte forma: a camada PCL principal possui todas as páginas do aplicativo. A parte visual das páginas é desenvolvida em *XAML* e cada *XAML* possui uma classe em c# para que se desenvolva todos as funções presentes nas páginas. A camada *Application* possui todas as regras de negócio da aplicação, ela possui todos as funções responsáveis por conectar a aplicação ao *web service*, consultar e manipular os dados do banco de dados *SQLite* da aplicação e possui também a *FactoryApplication*, classe criada com base no padrão *Factory Method*, que é a responsável por realizar a instanciação das classes presentes na camada *Application*.

A Figura 3 mostra o código responsável por criar uma instância de uma das classes da *Application*, no caso a *MaterialApplication*:

FIGURA 3: Código presente na *FactoryApplication*

```
namespace PortalProject.Appli.Factory
{
    18 references
    public class FactoryApplication
    {
        private static FactoryApplication factoryApplication;

        15 references
        public static FactoryApplication GetInstance()
        {
            if (factoryApplication == null)
                factoryApplication = new FactoryApplication();
            return factoryApplication;
        }

        1 reference
        public IMaterialApplication getMaterialApplication()
        {
            return new MaterialApplication();
        }
```

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

A camada *Data* possui todas as classes modelo do banco de dados interno (*SQLite)* e uma classe genérica com o CRUD básico da aplicação. O banco de dados *SQLite* deve ser criado de forma diferente em cada plataforma– *Android* e *iOS* – e em código nativo. O *Xamarin Forms* possibilita que isso seja feito através do *DependencyService*.

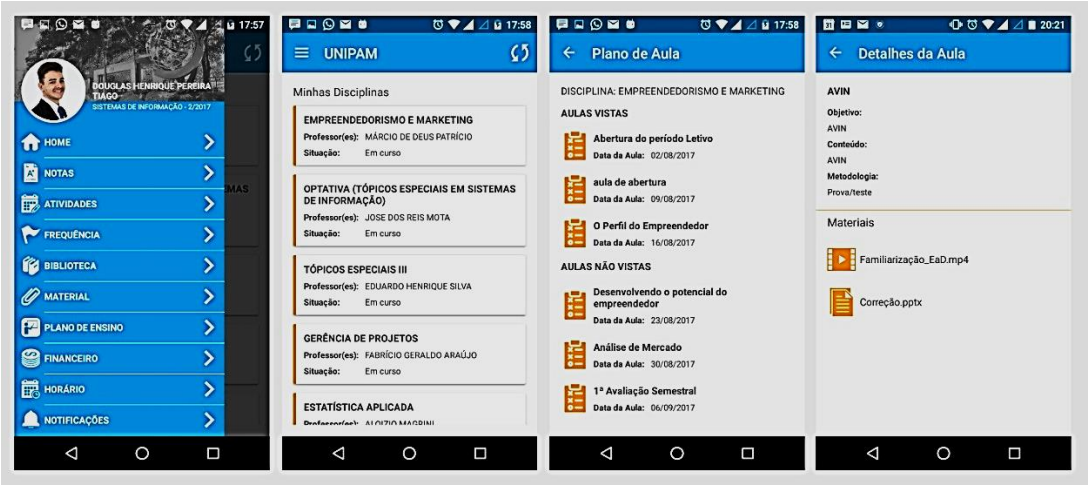
As camadas *Android* e *iOS* possuem apenas as classes de dependência, que

devem ser desenvolvidas em cada plataforma, uma página destinada a exibir a logo da instituição ao iniciar o aplicativo (*splash screen*) e as imagens utilizadas nas páginas da aplicação. A aplicação possui um total de sete páginas, sendo elas:

- Página de *login*: basicamente faz a autenticação do usuário na aplicação.
- Página de configuração: possibilita que o usuário escolha qual curso e período letivo que ele deseja acessar.
- Página inicial: lista e exibe as disciplinas referentes ao curso e período solicitado. Página de menu: possibilita que o usuário navegue pelas páginas da aplicação.
- Página de plano de aula: lista e exibe o plano de aula referente a determinada disciplina do curso.
- Página da aula: exibe detalhadamente os dados referentes a determinada aula e lista os materiais disponibilizados pelo professor.
- Página de material: exibe o material disponibilizado pelo professor na aula.

A Figura 5 mostra algumas das páginas do aplicativo:

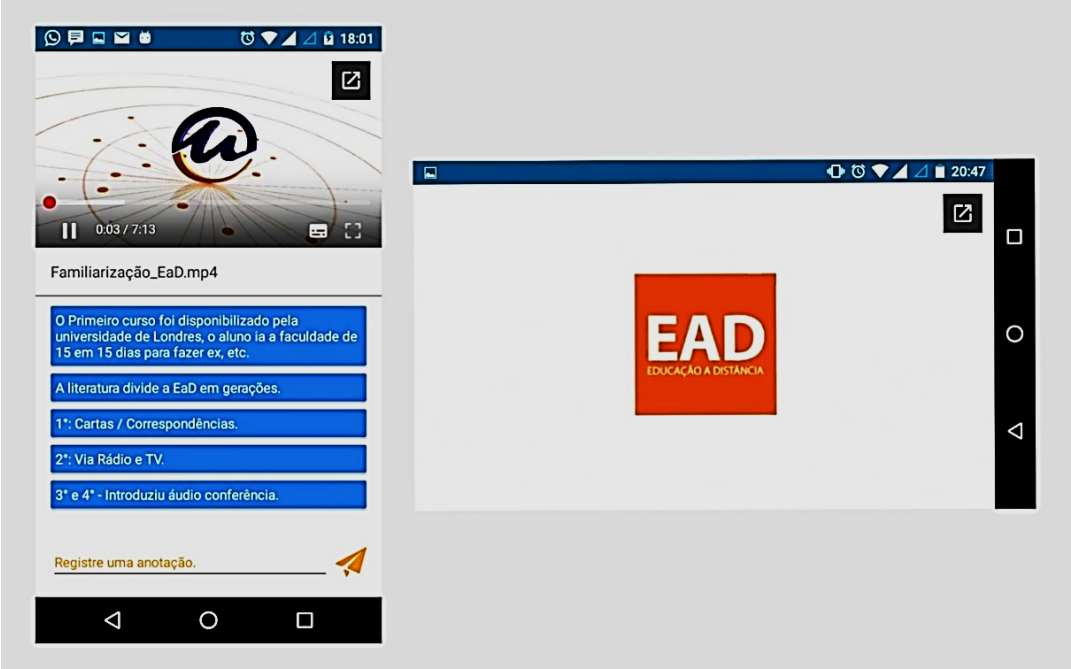
FIGURA 5. Imagens da versão 1.0 do aplicativo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

A Figura 6 mostra a página de material, onde foi desenvolvido o *streaming* de vídeo da aplicação. Ela possui métodos que redimensionam a *WebView* de acordo com as proporções da tela, de forma que o vídeo ou o documento exibido se adapte à tela conforme ela é rotacionada. Note que anotações podem ser feitas conforme se assiste à vídeoaula.

FIGURA 6. Página de material, onde foi implementado o *streaming* de vídeo na aplicação



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Conforme visto anteriormente, os vídeos e documentos são disponibilizados na aplicação através de URLs válidas que utilizam o formato *Embedded*. A Figura 7 mostra uma parte do código presente na página material, que é responsável por checar a conexão com a internet e atribuir uma dessas URLs a *WebView*.

FIGURA 4. Código presente na página material

```
var minhaConexao = Plugin.Connectivity.CrossConnectivity.Current.IsConnected;
if (minhaConexao.Equals(true))
{
    wvMaterial.IsVisible = true;
    imgConexaoInternet.IsVisible = false;
    wvMaterial.Source = "https://drive.google.com/file/d/" + myMaterial.UrlReduzido + "/preview";
}
```

Fonte. Elaborado pelos autores, 2017

4.4. ANÁLISE DE CUSTOS

Os custos com servidores de *streaming* são elevados. O *Wowza Media Server* é um dos servidores de *streaming* mais utilizados atualmente. No site do Wowza foram encontrados alguns cenários que proporcionaram um entendimento da quantidade de instâncias do servidor necessárias para a aplicação. O cenário ideal

para essa aplicação é de duas a cinco instâncias, o que possibilita que se tenham até 15.000 acessos ao mesmo tempo ao servidor de *streaming*. A Tabela 2 mostra os custos com esse servidor de *streaming* em comparação com a solução encontrada para a aplicação.

Tabela 2: Custos com Servidores de Streaming

Considerações	***Wowza Media Server***	***Google Drive***
Valor em dólares	65$ a 95$	0
Ideal para a aplicação: 2 a 5 instâncias em dólares	130$ a 450$	0
2 a 5 instâncias em reais	R$ 405,60 a R$ 1482,00	0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Utilizando-se o *Web View* com *Embbed Videos* do *Google Drive* não há custo algum com servidores de *streaming*. O único custo que se pode ter é com a expansão do armazenamento do *Google Drive,* caso necessário. A Tabela 3 mostra os valores que se teriam mensalmente com a expansão desse armazenamento.

TABELA 3. Custos com armazenamento *Google Drive*

Quantidade	**Valor**
15 GB	Gratuito.
1 TB	R$ 35,00 mensais
10 TB	R$ 350,00 mensais

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais objetivos do artigo foram encontrar uma forma viável financeiramente de se criar um aplicativo de *streaming* de vídeo para o EaD, assegurar que esses vídeos fossem vistos e disponibilizados apenas pelo aplicativo, que o *streaming* fosse de qualidade e que a arquitetura da aplicação fosse criada com base em padrões utilizados atualmente na criação de sistemas.

A principal dificuldade enfrentada no decorrer do artigo foi encontrar a solução ideal para se disponibilizar *streaming* de vídeo em um aplicativo e que ela fosse viável financeiramente. Todas as soluções financeiramente viáveis encontradas são externas e não há controle sobre elas. A maneira para contornar uma possível indisponibilidade foi achar uma solução que possibilitasse o acesso a vídeos de fontes diferentes, dessa forma, caso uma delas esteja indisponível, basta utilizar a outra.

O artigo deixou claro quais as vantagens e desvantagens das soluções encontradas. Por mais que a solução utilizada na aplicação tenha atendido aos seus objetivos, pode ser que não seja a ideal para outras.

Como o aplicativo foi desenvolvido no *Xamarin Forms*, buscou-se encontrar soluções viáveis para o desenvolvimento nele. Caso se busquem outras soluções para *streaming* de vídeo, seria interessante um estudo mais aprofundado dos servidores de *streaming*, que são pagos, bem como o estudo de outras APIs e possíveis outras soluções que não são voltadas para o *Xamarin Forms* e, sim, às plataformas específicas.

Futuramente pretende-se tornar a integração com o *Google Drive* maior. Não se obteve sucesso ao utilizar a REST API do *Google Drive* no *Xamarin Forms*, e novos estudos são necessários a fim de se aperfeiçoar essa integração. O aplicativo se encontra atualmente na *Google Play* e *Apple Store* e pode ser baixado e utilizado pelos alunos do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

REFERÊNCIAS

FISHER, Adam. *A Xamarin Forms control to render the native video player on every platform.* 2017. Disponível em: <https://components.xamarin.com/view/video-player>. Acesso em: 21 ago. 2017.

AVILA, Renato Nogueira Perez. *Streaming*: aprenda a criar e instalar sua rádio ou TV na internet. Rio de Janeiro: Ciencia Moderna, 2008.

CIRIACO, Douglas. *O que é API?* 2009. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/programacao/1807-o-que-e-api-.htm>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BECK, Kent et al. Manifesto para Desenvolvimento Ágil de Software. 2001. Disponível em: <http://agilemanifesto.org/iso/ptbr/manifesto.html>. Acesso em: 25 set. 2017.

GOOGLE DRIVE, *Guia de Preços.* 2017. Disponível em: < https://www.google.com/intl/pt-BR_ALL/drive/pricing/>. Acesso em: 04 out. 2017.

GOOGLE DRIVE. *Google Drive APIs.* 2017. Disponível em: <https://developers.google.com/drive/>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MEDEIROS, Higor. Introdução ao Padrão MVC. 2013. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/introducao-ao-padrao-mvc/29308>. Acesso em: 30 ago. 2017.

MEDEIROS, Higor. *Padrão de Projeto Factory Method em Java*. 2012. Disponível em:

<http://www.devmedia.com.br/padrao-de-projeto-factory-method-em-java/26348>. Acesso em: 30 ago. 2017.

MEDIA COLLEGE. *Introduction - How to Create Streaming Video*. 2017. Disponível em: <http://www.mediacollege.com/video/streaming/overview.html>. Acesso em: 23 fev. 2017.

OLIVEIRA, Débora Silva de. *O uso do vídeo em ead: desafios no processo de ensino aprendizagem.* 2013. 15 f. Tese (Doutorado) - Curso de Psicologia, Faculdade, Cesuca, Cachoeirinha, 2013. Disponível em: <ojs.cesuca.edu.br/index.php/cesucavirtual/article/download/422/207>. Acesso em: 12 fev. 2017.

PAES, Lucas Medaber Jambo Alves. *Video Peer-to-Peer.* 2007. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/07_2/lucas_paes/index.html>. Acesso em: 02 mar. 2017.

SANTOS, José Fernando Pereira dos. *Mobile Streaming*: qualidade de experiência. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Comunicações Multimédia, Faculdade, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57907/1/000143374.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2017.

WOWZA MEDIA SYSTEMS. *Plans and Pricing*. 2017. Disponível em: <https://www.wowza.com/pricing>. Acesso em: 04 out. 2017.

XAMARIN. *WebView:* Present local or network web content and documents. 2016. Disponível em: <https://developer.xamarin.com/guides/xamarin-forms/user-interface/webview/>. Acesso em: 23 jul. 2017.

YOUTUBE. *Add YouTube functionality to your sites and apps*. 2017. Disponível em: <https://developers.google.com/youtube/>. Acesso em: 10 nov. 2017.

Revista Perquirere • 15(3):178-189, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Análise de harmônicos na instalação elétrica do Centro Clínico Odontológico do UNIPAM

Analysis of harmonics in the electrical installation of UNIPAM Dental Clinical Center

Clênio José Martins Júnior
Graduando em Engenharia Elétrica. e-mail: cleniojunior@unipam.edu.br

Fabio de Brito Gontijo
Orientador e Professor pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: fabiobg@unipam.edu.br

Resumo: Hoje vivemos em uma era de tecnologia, sendo que essa evolução decorre dos avanços da eletricidade em conjunto com a eletrônica conseguiu a produção de vários equipamentos. Entretanto, equipamentos novos têm a característica de ser uma carga não linear, ou seja, a corrente elétrica drenada por estes equipamentos não segue os princípios da forma de onda da alimentação, causando para o sistema elétrico uma distorção na forma de onda da corrente elétrica e da tensão elétrica. Essa distorção na rede elétrica provoca vários problemas em uma instalação elétrica, dessa forma, este trabalho se destina a verificar em uma instalação elétrica se será necessário mitigar esses fenômeno que causa várias perturbações em uma rede elétrica, preservando assim a qualidade de energia do sistema.
Palavras chave: Qualidade de energia. Distorção harmônica. Carga não linear.

Abstract: Today we live in an era of technology, where together with electronics managed to produce various equipment. However, new equipment has the characteristic of being a non-linear load, that is, the electric current drained by this equipment does not follow the principles of the power waveform, causing to the electrical system a distortion in the waveform of the electric current and of the electrical voltage. This distortion in the electrical network causes several problems in an electrical installation, so this work will verify in an electrical installation if it is necessary to mitigate these phenomena that causes various disturbances in a power grid, thus preserving the quality of energy of the system
Keywords: Energy quality, harmonic distortion, nonlinear load.

---

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios de sua concepção existencial, os seres humanos buscam formas e maneiras para atender com mais praticidade a suas necessidades. Inevitavelmente, a descoberta da eletricidade foi uma das maiores revoluções nas relações sociais humanas, trazendo um indiscutível conforto para a população.

Segundo os historiadores, a eletricidade surgiu na Grécia Antiga em meados do século VI a.C., sendo descoberta pelo matemático e filósofo Tales de Mileto, que após encontrar a estrutura de uma pedra que foi chamada como âmbar (*elektron*, em grego), realizou a tarefa de friccionar esta com outros materiais leves, gerando o atrito e, assim, constatando o poder de magnetismo em atrair objetos (FILHO, 2013).

> As propriedades do âmbar eram conhecidas na Grécia antiga (Tales, filósofo e matemático grego). Essa substância, chamada pelos gregos de *elektron*, atraía, quando friccionada, grãos de poeira e pequenos pedaços de materiais leves, tais como madeira e papel (FILHO, 2013, p. 8).

Com o avanço tecnológico, foi possível transmitir energia elétrica para as primeiras casas residenciais, em meados do século XX, possibilitando a alimentação dos primeiros equipamentos elétricos. Contudo, as cargas elétricas daquela época eram puramente lineares, ou seja, a forma de onda da corrente comportava-se da mesma maneira da forma espectral da tensão.

Nessa mesma década, houve também a ascensão da eletrônica, que possibilitou a criação de equipamentos modernos, que resultaram na otimização da qualidade de vida das pessoas.

Ressalta-se que tais dispositivos eletrônicos apresentam forma não linear, cuja onda senoidal da corrente denota múltiplas frequências (distintas da alimentação), ocasionando um sinal distorcido. Esse sinal é chamado de harmônico, sendo o responsável pela má qualidade da energia elétrica. Essa baixa qualidade deve-se a a perturbações originadas na rede elétrica, as quais são ocasionadas pela distorção harmônica. As harmônicas provocam distorções e alterações, como, por exemplo, amplitude do sinal, frequência (forma de onda), aumento da corrente de neutro, erro de medição de grandezas elétricas, ruídos eletromagnéticos e outros fatores prejudiciais que trazem consequências indesejáveis para o circuito elétrico (DIAS, 2002).

Assim, as distorções harmônicas podem trazer danos indesejados para o sistema elétrico, influenciando diretamente na redução da vida útil de aparelhos, além de perdas consideráveis de energia elétrica (LEÃO, 2014).

O Centro Clínico Odontológico do UNIPAM possui em suas instalações elétricas diversos equipamentos eletrônicos que apresentam a característica de uma

carga não linear. Sabendo dos efeitos prejudiciais que as harmônicas causam, esse relatório foi realizado em prol da necessidade de verificar a influência das harmônicas no Centro Odontológico do UNIPAM.

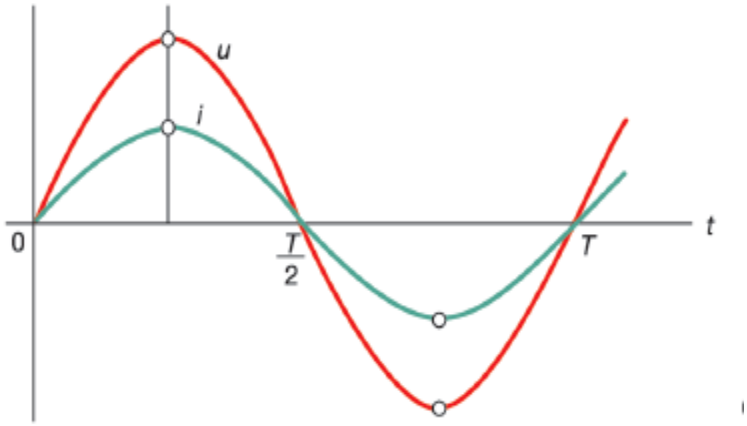
Dessa forma, a obtenção da quantificação das harmônicas no sistema elétrico do Centro Clínico Odontológico se perfaz de suma importância para verificar se existe a necessidade de promover a instalação de filtros para minimizar uma possível distorção harmônica presente na instalação elétrica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Na Engenharia Elétrica, pode-se trabalhar com dois tipos diferentes de corrente. A corrente pode ser contínua ou alternada, sendo que a forma espectral das duas é distinta. O sistema em corrente contínua fornece para o sistema uma tensão contínua no tempo, ou seja, em qualquer instante do tempo ela sempre terá o mesmo valor. Já a corrente alternada sempre varia no tempo, e sua forma de onda é uma senoide. Sendo assim, em cada período de tempo, a tensão vai oscilar entre valores negativos e positivos. Na figura 1, podemos ver o comportamento da senoide, as características de um sistema alternado, em que a forma de onda da tensão e da corrente é alternada.

FIGURA 1



Fonte: PINTO, 2018.

Hoje, a maior parte do sistema de distribuição brasileiro é com a forma de onda alternada, e isso determina que qualquer instalação elétrica, seja ela residencial, comercial ou industrial, tem a particularidade de a sua rede elétrica operar no sistema alternado. Dessa forma, a onda da tensão e corrente em uma instalação elétrica varia em função do tempo (PINTO, 2018).

2.2. CARGAS

A energia elétrica é fornecida em nossas casas para proporcionar facilidade e comodidade para os usuários. Com o fornecimento de energia elétrica conseguimos utilizar aparelhos elétricos, como, por exemplo, geladeiras, televisores, rádios, ar-condicionado, dentre outros.

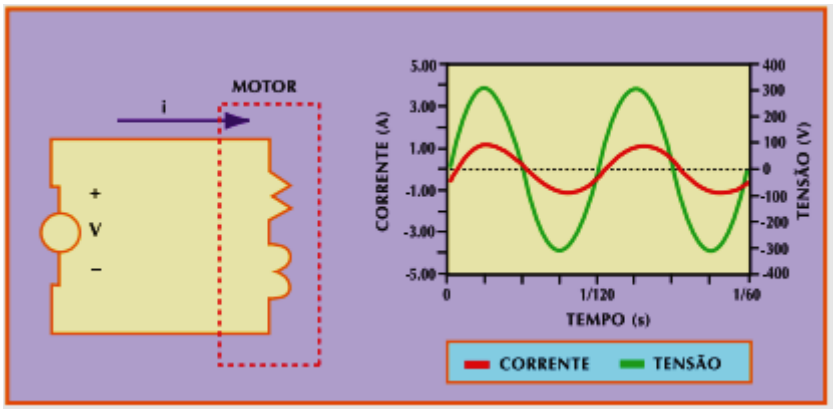
Na eletricidade, todo tipo de aparelho que consome energia elétrica é caracterizado como carga, pois quando uma tensão é aplicada neste equipamento, ele drena do sistema elétrico uma corrente, possibilitando assim o seu funcionamento (COTRIM, 2009). A partir da definição de tensão e corrente, foi possível verificar que atualmente existem dois conceitos de cargas elétricas, que podem ser classificados como cargas lineares e cargas não lineares (COTRIM, 2009)

2.2.1. Cargas lineares

Cada carga da rede elétrica é composta por um tipo de relação entre tensão e corrente. Em uma resistência elétrica, a relação da tensão e corrente é linear, possuindo uma reta para expressar tensão por corrente. Capacitores e indutores também são considerados cargas elétricas lineares, visto que a relação entre corrente e tensão é proveniente de derivadas e integrais.

A carga linear tem como principal característica manter a sua impedância equivalente durante todo o seu período de funcionamento, mantendo assim, em regime permanente, uma corrente elétrica constante e sem interrupções ao longo do tempo (FIGUEIREDO, 2016). Posto isso, a forma de corrente que esta carga drena do sistema elétrico é exatamente a mesma forma de onda que a tensão de alimentação, ou seja, se a tensão de alimentação é uma senoide pura, a corrente que a carga vai consumir do sistema também será puramente senoidal, respeitando assim a forma de onda de alimentação (FIGUEIREDO, 2016). Na figura 2 abaixo, pode-se observar que a forma de onda da corrente é igual à forma de onda da tensão.

FIGURA 2. Corrente de uma carga linear



Fonte: MORENO, 2001

Sendo assim, esta carga consome da rede uma corrente elétrica que tem as mesmas características da fonte de alimentação, contendo na forma de onda da tensão e corrente apenas a frequência fundamental da rede.

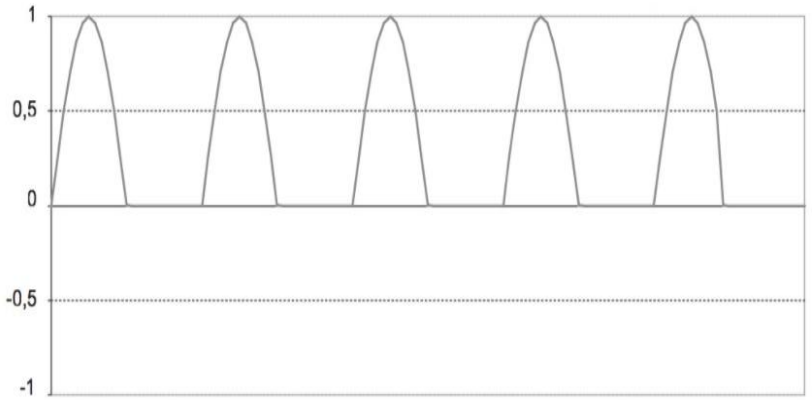
2.2.2. Cargas não lineares

Anos atrás, praticamente todos os equipamentos existentes tinham como principal característica ser uma carga linear, entretanto, a tecnologia impulsionou a eletrônica para um avanço extraordinário. Essa nova era da eletrônica possibilitou a invenção de vários equipamentos que propiciaram uma maior comodidade para os consumidores de energia (GEDRA e col., 2014).

A comodidade adquirida através dos aparelhos eletrônicos trouxe (além de benefícios) também um grande problema para a rede de eletricidade, pois a tecnologia colocou cargas não lineares para o sistema elétrico brasileiro, modificando o cenário de cargas.

A carga não linear tem como principal característica consumir uma corrente elétrica do sistema diferente da forma de onda da alimentação do circuito elétrico, ou seja, se a alimentação da carga é uma senoide, a corrente que a carga vai proporcionar para o circuito elétrico não respeitará uma forma espectral de uma senoide, prejudicando dessa forma o sistema elétrico (GEDRA e col., 2014). Na figura 3 podemos observar como essa carga se comporta na presença da tensão elétrica.

FIGURA 3. Corrente de uma carga não linear



Fonte: GEDRA e col., 2014.

O motivo pelo qual a corrente elétrica se diferencia da tensão de alimentação do circuito é o fato de que a impedância equivalente da carga varia em regime de operação, proporcionando assim variações ou descontinuidades na onda da corrente elétrica (FIGUEIREDO, 2016). Assim sendo, a forma de onda da corrente

elétrica que é drenada pela carga não linear vai se distorcendo da forma de onda original, sendo assim, a corrente do sistema que era senoidal passa a não ter característica de uma senoide. Essa distorção é conhecida no ramo da Engenharia Elétrica como distorção harmônica.

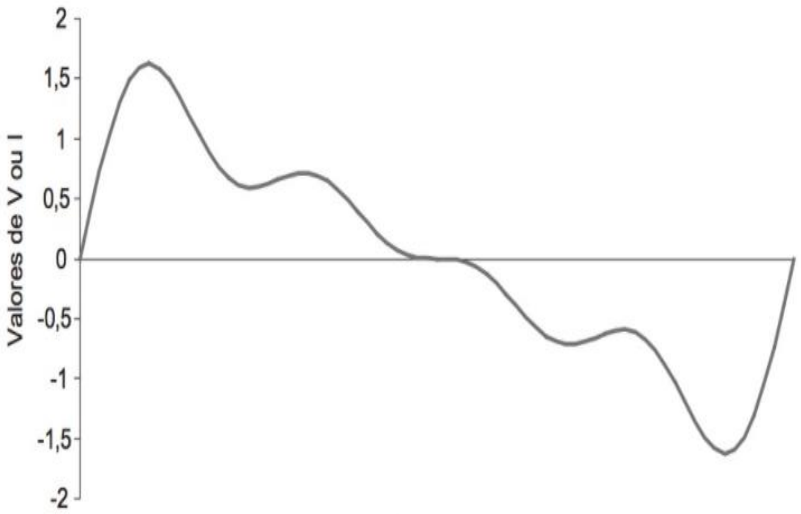
Os componentes responsáveis pela distorção da corrente dentro de uma carga não linear são os semicondutores, como os diodos, os transistores, etc. Esses equipamentos têm por finalidade chavear a onda original de corrente, possuindo assim descontinuidade da onda (FIGUEIREDO, 2016).

2.3. DISTORÇÕES HARMÔNICAS E SEUS PROBLEMAS

Como já foi dito, a evolução da eletrônica alterou alguns parâmetros nas instalações elétricas. A chegada das cargas não lineares influenciou diretamente na qualidade da energia elétrica, ocasionando distorções harmônicas em todo o sistema elétrico.

A distorção harmônica é simplesmente a resultante da somatória de várias ondas periódicas no tempo de frequências diferentes, proporcionando assim uma distorção na forma de onda original. Assim, no circuito elétrico temos distorções harmônicas na forma de onda da corrente e na forma de onda da tensão. Abaixo na figura 4, podemos observar a forma de onda resultante do sistema e como ela se comporta com essa somatória de ondas diferentes, ocasionando a distorção da forma da onda original. Sendo assim, na figura 4, que está abaixo, podemos observar um sinal elétrico distorcido no tempo, seja ele uma corrente elétrica ou uma tensão.

FIGURA 4. Distorção harmônica na onda senoidal



Fonte GEDRA e col, 2014.

A distorção harmônica na forma de onda da corrente elétrica é causada por cargas não lineares, e se em uma instalação elétrica houver grandes níveis de harmônicos de corrente, ela começa a impactar diretamente na forma de onda da tensão de alimentação do circuito, ou seja, quem provoca a distorção na onda senoidal da tensão são as harmônicas de corrente (OLIVEIRA, 2016).

Com isso, iniciam-se vários problemas com as instalações elétricas. Hoje em dia, níveis altos de harmônicos são a grande causa para a queima prematura de equipamentos. Além da atuação de dispositivos de proteção sem necessidade e da sobrecarga em condutores de neutro, há também o registro de valores imprecisos por equipamentos de medição, além de vários outros fatores negativos. Dessa forma, é de grande importância quantificar esses níveis de distorção harmônicos na rede elétrica, para assim filtrar esses sinais, reduzindo os efeitos provocados no sistema (LEÃO, 2014).

2.4. NÍVEIS DE DISTORÇÕES HARMÔNICAS

A quantificação das harmônicas será expressa em THD, distorção harmônica total, sendo o método mais utilizado para expressar os níveis de distorção harmônicos (TEIXEIRA, 2009). O THD significa o quanto a onda está distorcida em relação à forma de onda original do sistema elétrico (MORENO, 2001). Entretanto, é preciso ter muito cuidado ao se fazer a análise em THD, pois um THD de 100% em uma corrente muito baixa não influencia de maneira impactante no sistema, mas uma corrente elétrica alta com um THD de 100% pode causar grandes influências negativas em uma instalação elétrica, conforme já mencionado neste trabalho (TEIXEIRA, 2009).

Hoje, no Brasil não existe uma norma regulamentadora para a distorção harmônica de corrente, dessa forma, quanto menor for a distorção harmônica total, melhor será o sistema (MORENO, 2001). Entretanto, há alguns livros que citam esses valores, como, por exemplo, o material do Instituto Brasileiro do Cobre de 2003, que indica que a distorção harmônica total de tensão entre 0 a 5% é normal, de 5% a 8% pode provavelmente ocasionar problemas para o sistema e a distorção harmônica total superior a 8% indica que desfuncionalidades são prováveis, sendo assim passíveis de instalação de filtros. Já para os níveis de corrente, o instituto brasileiro do cobre (PROCOBRE) indica que inferior a 10% é normal, entre 10% a 50% pode levar a problemas no sistema elétrico e superior a 50% indica a implantação de filtros para eliminar possíveis problemas.

Na tabela 1, podemos relacionar o grau da distorção harmônica total de corrente e tensão em função dos riscos impostos nas instalações elétricas.

TABELA 1. Níveis da distorção harmônica total

Para tensão:	Para corrente:
Variável linguística: THD_U Termo linguístico: Baixo: THD de tensão inferior a 5% - (NORMAL). Médio: THD de tensão entre 5 e 8% - (SIGNIFICATIVO). Alto: THD de tensão acima de 8% - (CRÍTICO).	Variável linguística: THD_I Termo linguístico: Baixo: THD de corrente inferior a 10% - (NORMAL). Médio: THD de corrente entre 10 e 50% - (SIGNIFICATIVO). Alto: THD de corrente acima de 50% - (CRÍTICO).

Fonte: GONÇALVES et al, 2009.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da finalidade e do objetivo deste presente trabalho, houve várias etapas de metodologia de estudo. Primeiramente foram utilizados vários materiais e livros de autores que são renomados no assunto deste trabalho, proporcionando assim uma grande contribuição para o seu desenvolvimento.

Cumpre salientar que houve a necessidade de realizar um trabalho de campo, pois este trabalho necessitou de coleta de amostra com dados de painéis elétricos para verificar a qualidade de energia encontrada nos painéis elétricos do Centro Odontológico do Centro Universitário de Patos de Minas. Para este estudo de campo, foram seguidas as normas do PRODIST módulo 8 (ANEEL), que indica como devem ser feitos os registros de dados elétricos para a análise de qualidade de energia elétrica.

Posteriormente, com os dados registrados e com o estudo dos materiais, foi possível verificar e analisar o nível e o grau de impacto das harmônicas nas instalações elétricas do Centro Clínico Odontológico do UNIPAM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a quantificação das harmônicas em um sistema elétrico, é necessário utilizar analisadores de energia, pois esses equipamentos conseguem quantificar os níveis de distorções harmônicas em uma barra elétrica, além de serem um utensílio próprio para análises de qualidade da energia elétrica. Isto posto, foi necessário utilizar um analisador de energia FLUKE 435 série II, que foi disponibilizado pelo UNIPAM. Assim foi realizada a quantificação das harmônicas no Centro Clínico Odontológico do UNIPAM.

A subestação do Centro Clínico Odontológico é composta por um transformador de 300 kVA, e por um Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) com disjuntor

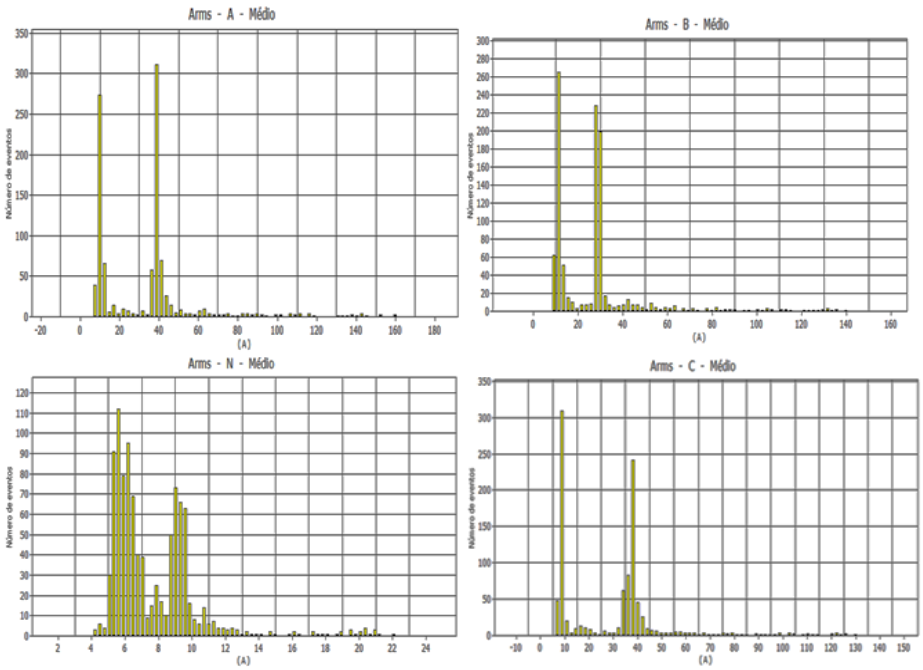
geral e capacidade de condução de 800 amperes. A medição com o FLUKE 435 série II foi feita após no painel QGBT, que alimenta todas as cargas elétricas do Centro Clínico Odontológico, como ar condicionado, cadeiras odontológicas, iluminação, autoclaves e todos os demais circuitos elétricos.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) rege os métodos de medição para verificar a qualidade de energia, e assim, o FLUKE foi configurado de acordo com as normas da ANEEL. Com o FLUKE foi realizada a análise do sistema durante 7 (sete) dias, com intervalos de integração de medição de 10 (dez) minutos, totalizando 1008 (mil e oito) amostras líquidas para a quantificação real dos níveis de distorção harmônicas no sistema elétrico do Centro Clínico Odontológico da UNIPAM.

A medição foi realizada entre os dias 08/02/2018 a 15/02/2018, resultando assim na amostra de dados em períodos em que o sistema se comporta com carga e intervalos sem a presença de cargas elétricas. Assim, é possível analisar as distorções harmônicas em estágios que exigem uma corrente elétrica alta e baixa, o que permite verificar a influência ocasionada diretamente na tensão elétrica, pois, como já foi dito neste trabalho, quem provoca a distorção harmônica na tensão é a própria distorção harmônica da corrente elétrica.

Entretanto, para uma real quantificação das harmônicas é necessário verificar os níveis de corrente presente no sistema, verificando o comportamento das cargas no Centro Clinico Odontológico. Na figura 5, é possível observar o comportamento da corrente elétrica durante as 1008 amostras coletadas.

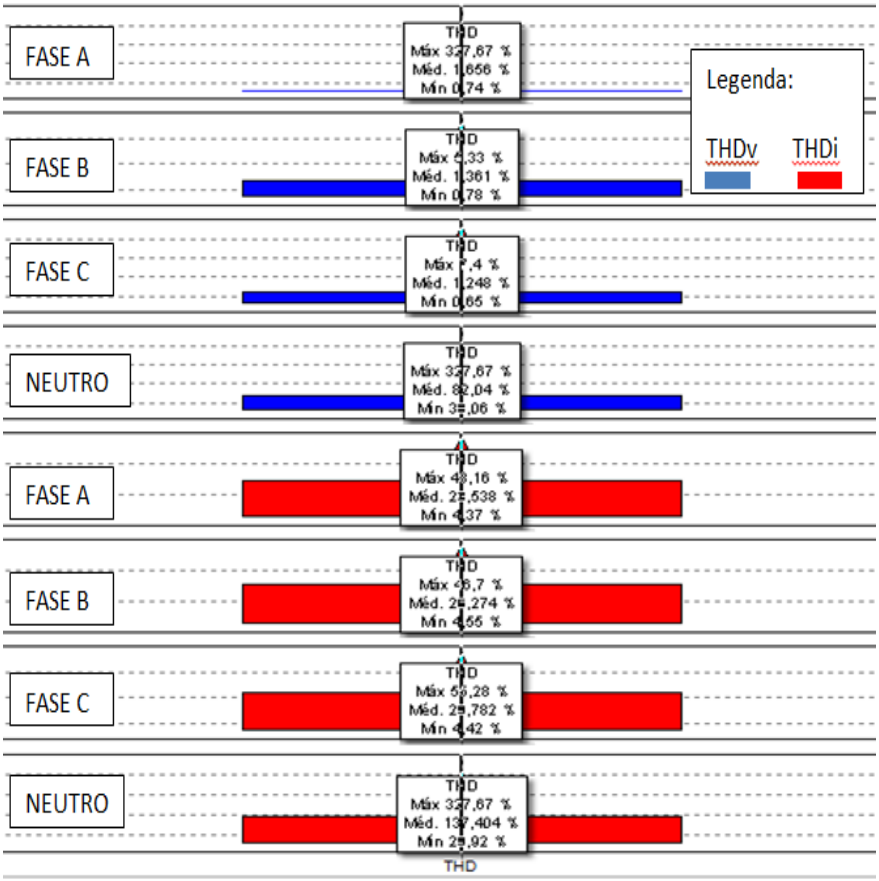
FIGURA 5. Níveis de corrente



Fonte: Os autores

Abaixo segue a figura 6, que indica um gráfico dos níveis dos harmônicos de tensão e correntes encontrados no Centro Clínico Odontológico do UNIPAM.

FIGURA 6. Níveis de harmônicos



Fonte: Os autores

Essa imagem indica os níveis de harmônicos de tensão e corrente no sistema elétrico do Centro Clinico Odontológico. Nota-se que as distorções harmônicas totais de tensão não são preocupantes, entretanto, a distorção harmônica total de corrente já ultrapassa o limite adequado para um bom funcionamento de uma instalação elétrica, segundo a tabela 1. É importante mencionar que a distorção de corrente harmônica total chegou a valores de 35%, todavia, a corrente da rede foi na média de 40 A por fase, comprovando assim que o sistema estava trabalhando com uma pouca quantidade de carga durante as 1008 amostras em relação a sua demanda. O valor da distorção harmônica total da corrente elétrica permaneceu alto, mas com uma corrente baixa no sistema do Centro Clínico Odontológico.

Comparando os dados encontrados no Centro Clinico Odontológico com os dados de THD, prejudiciais ao sistema elétrico mencionados na tabela 1, foi possível verificar que a total distorção harmônica de tensão está entre 0% a 5%, sendo

um valor normal e não interferindo na instalação elétrica. No entanto, a distorção da corrente está entre 10% a 50%, comprovando que o índice que foi encontrado pode prejudicar a instalação elétrica do Centro Clínico Odontológico.

5. CONCLUSÃO

Segundo Gonçalves (2013), o valor da THD de tensão entre 0% a 5% é considerado normal para o sistema elétrico, e valores da THD de corrente entre 10% a 50% geram um risco muito grande de aquecimento de condutores, podendo trazer grandes problemas para o sistema, necessitando assim de medidas para mitigação dos valores da distorção harmônica total da corrente elétrica. Diante disso, a instalação elétrica do Centro Clínico Odontológico de Patos de Minas possui valores ruins da distorção harmônica total de corrente, contudo, são níveis em que as correntes medidas são baixas.

Apesar de saber que a corrente elétrica do sistema foi de 40 amperes, valor baixo considerando a sua demanda de 300 kVA, há indícios de uma possível distorção harmônica na forma de onda da corrente elétrica, entretanto, não é possível afirmar que a instalação necessita de filtros.

Sendo assim, conclui-se que não é possível identificar se há necessidade da instalação de filtros, visto que a corrente média encontrada no sistema do Centro Clínico Odontológico foi de 40 amperes. Para verificar a real necessidade da instalação de filtros, é necessário realizar uma nova medição para analisar o comportamento da distorção harmônica total de corrente com uma quantidade de carga considerável.

REFERÊNCIAS

COTRIM, Ademaro Alberto M. B. *Instalações elétricas.* 5 ed. São Paulo: Pearson, 2009.

DIAS, Guilherme Alfredo Dentzien. *Harmônicas em sistemas industriais.* 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

FIGUEIREDO, Alfredo Arcanjo Cruz. *Análise de modelos para cargas não lineares no estudo trifásico de penetração harmônica.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 112 f, 2006.

FILHO, Matheus Teodoro da Silva. *Fundamentos de eletricidade*. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

GEDRA, Ricardo Luís; BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo. **Geração,** *Transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica*. São Paulo: Érica, 2014.

GONÇALVES, Benevaldo Pereira. et al. Avaliação de impactos harmônicos na rede elétrica através do indicadores thd e fator de potência utilizando lógica fuzzy. *Revista Brasileira de Energia*. 19(1): 9-27, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DO COBRE. *Instalações elétricas de baixa tensão: qualidade de energia harmônicas*, [s.n.] 2003, 19p.

LEÃO, Ruth Pastôra Saraiva; SAMPAIO, Raimundo Furtado; ANTUNES, Fernando Luiz Marcelo. *Harmônicas em sistemas elétricos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

MORENO, Hilton. *Harmônicas nas instalações elétricas*. São Paulo: [s.n.], 2001.

OLIVEIRA, Miguel Pimentel de Oliveira. *Análise da Qualidade de Energia Elétrica em Edifícios de Serviços e Comércio.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 128 f, 2016.

PINTO, Milton de Oliveira. *Geração, transmissão e sistemas interligados.* Rio de Janeiro: LTC, 2018.

TEIXEIRA, Douglas Ângelo. *Análise das distorções harmônicas – estudo de caso de um sistema industrial.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, [s.n.], 127f, 2009.

_____. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 – *Qualidade de Energia Elétrica.* Rev. 9.

Revista Perquirere • 15(3):190-199, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Casuística do serviço de cirurgia em pequenos animais do Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)

Casuistry of surgery service in small animals of Veterinary Clinical Center of Patos de Minas University Center (UNIPAM)

Júnior Artur dos Reis
Graduado em Medicina Veterinária pelo UNIPAM. Pós-graduando em Clínica Cirúrgica de pequenos animais pelo instituto Equalis de São Paulo. e-mail: vet.reis@outlook.com

Marcelo Coelho Lopes
Graduado em Medicina Veterinária pelo UNIPAM. Residente em Patologia Animal no Hospital Veterinário de Uberaba. e-mail: marcelocoelhovet@gmail.com

Thaisa Reis dos Santos
Professora do curso de Medicina Veterinária do UNIPAM. Doutora em Ciência Animal pela Universidade federal de Uberlândia. e-mail: thaisars@unipam.edu.br

---

RESUMO: Objetivou-se descrever e analisar a frequência de cirurgias, separadas por cada tipo de sistema, em cães e gatos atendidos no Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas. Foram avaliados 257 prontuários cirúrgicos dos anos de 2015 e 2016, somando um total de 337 procedimentos. Raça, sexo e idade e o tipo de intervenção cirúrgica foram analisados. Observou-se que 93% dos pacientes eram caninos e 7%, felinos. Pacientes fêmeas foram as mais atendidas, 69%, machos 31%. Os animais entre 1 e 8 anos representaram 31%, seguidos daqueles com idade entre 8 e 12 anos, 25%. Animais sem raça definida representaram 92% entre os felinos e 65% dos caninos. A maioria das cirurgias realizadas foi obstétrica, representando 48% do total de casos, seguida por afecções do aparelho geniturinário, com 16%. Conclui-se que as fêmeas foram mais submetidas a cirurgias neste estudo, sendo a ovariohisterectomia a principal técnica realizada.
PALAVRAS-CHAVE: Afecções cirúrgicas. Clínica cirúrgica. Obstetrícia.

ABSTRACT: The objective of this study was to describe and analyze the frequency of surgeries, separated by each type of system, in dogs and cats treated at the Veterinary Clinical Center of Patos de Minas University Center. A total of 257 surgical charts from the years 2015 and 2016 were evaluated, with a total of 337 procedures. Race, sex and age and the type of surgical intervention were analyzed. It was observed that 93% of the patients were canine and 7% feline. Female patients were the most attended, 69%, males 31%. Animals aged between 1 and 8 years represented 31%, followed by those aged 8 to 12 years, 25%.

Non-breed animals accounted for 92% of felines and 65% of canines. Most of the surgeries performed were obstetric, representing 48% of the total cases, followed by affections of the genitourinary apparatus with 16%. It was concluded that females were more submitted to surgeries in this study, and ovariohysterectomy was the main technique performed.
KEYWORDS: Surgical conditions. Surgical clinic. Obstetrics

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a medicina veterinária desenvolveu-se sobremaneira, fazendo surgir especialidades que permitiram um melhor diagnóstico e tratamento das doenças dos animais. Cada vez mais a cirurgia veterinária se destaca como forma de resolução no tratamento de determinadas afecções. Isto porque se observa uma melhoria na qualificação dos profissionais bem como nos métodos de diagnóstico, como aparelhos de raio-x, ultrassonografia, tomografia, entre outros, que corroboram na detecção precoce de afecções e auxiliam o médico veterinário cirurgião no desenvolvimento e aplicação da técnica cirúrgica (GADELHA *et al*., 2007).

Estima-se que 44,3% dos domicílios do Brasil possuem pelo menos um cão, o equivalente a 28,9 milhões de unidades domiciliares. Em relação aos felinos, 17,7% dos domicílios possuem pelo menos um, o equivalente a 11,5 milhões. A população de gatos em domicílios brasileiros foi estimada em 22,1 milhões, o que representa aproximadamente 1,9 gato por domicílio (IBGE, 2015).

Estudos referentes à análise da casuística e da epidemiologia das afecções clínicas e cirúrgicas são importantes para determinar o perfil dos pacientes, bem como auxiliar na prevenção e tratamento de doenças (CRUZ-PINTO, 2009). A epidemiologia é uma ferramenta valiosa quando se trata de estudo de casuísticas. Sua importância está em reconhecer a existência de um problema, definir sua casualidade, determinar sua natureza e, portanto, ajudar a estabelecer um tratamento e corroborar no desenvolvimento de medidas de prevenção (OLIVEIRA *et al*., 2010).

Estudos relacionados à determinação de casuística clínica e cirúrgica são escassos na literatura, e no cenário atual, são extremamente necessários, principalmente para corroborar no conhecimento epidemiológico das afecções que mais acometem cães e gatos em uma determinada região. Além disso, auxiliam o médico veterinário na determinação de medidas eficazes de tratamento e prevenção.

Assim, o presente estudo teve como objetivo estabelecer a casuística do serviço de cirurgia em pequenos animais do Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas (CCV–UNIPAM) e o perfil do paciente cirúrgico.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi submetido à Comissão de Ética no uso de Animal (CEUA) do Centro Universitário de Patos de Minas, aprovado para execução sob o número de protocolo 15/16.

Foi proposta a realização de um estudo retrospectivo, observacional, em que foram analisados os prontuários cirúrgicos dos pacientes atendidos pelo Serviço de Cirurgia do Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas (CCV-UNIPAM) no período de março de 2015 a junho de 2016. Foram obtidos os dados referentes a espécie, sexo, raça, idade e cirurgias realizadas em cada paciente.

As informações referentes às afecções cirúrgicas dos pacientes foram agrupadas com o sistema acometido, de acordo com a Tabela 1. Os dados obtidos foram tabelados e submetidos à análise estatística descritiva e demonstrados através da frequência absoluta (n) e relativa (%).

TABELA 1. Afecções cirúrgicas dos animais submetidos à intervenção cirúrgica no CCV UNIPAM de acordo com os sistemas acometidos e respectivos órgãos. Patos de Minas, 2016

	Afecções cirúrgicas
Cardiorrespiratório	Afecções do coração, seios nasais e paranasais, laringe, traqueia, brônquios, bronquíolos, pulmões e diafragma.
Digestório	Afecções de cavidade oral, língua, faringe, esôfago, estômago, intestino, fígado e pâncreas.
Genito-Urinário	Afecções de rins, ureteres, vesícula urinária, uretra e reprodutor masculino (pênis, testículo e glândulas anexas).
Hematopoiético	Afecções de baço (abscessos, torções, ruptura e neoplasia).
Locomotor	Afecções de ossos em geral, músculos, tendões, ligamentos e articulações (disco intravertebral não incluso).
Pele e anexos	Evisceração, neoplasias e afecções de pele e suas glândulas (glândula mamária não inclusa), cistos, feridas.
Paratopias	Eventração, hérnias inguinal, perineal, inguino-escrotral.
Obstetrícia	Afecções de vulva, vagina, útero, ovários e glândulas mamárias.
Oftalmologia	Afecções de olho e anexos.

CRUZ-PINTO, 2009. Adaptado.

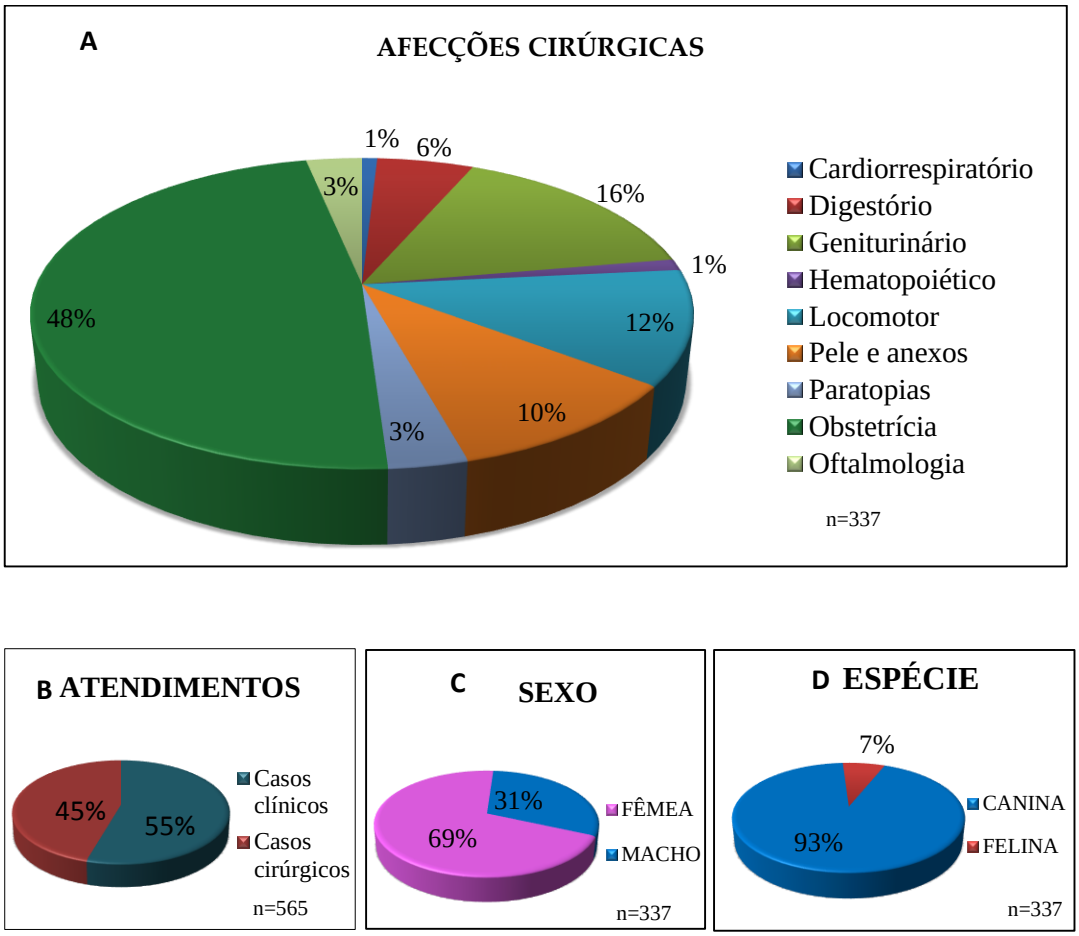
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A clínica de pequenos animais do CCV-UNIPAM atendeu 565 pacientes entre março de 2015 e junho de 2016. Destes, 45% (257/565) foram encaminhados para o serviço de cirurgia. Visto que alguns animais passaram por mais de um procedimento cirúrgico neste intervalo de tempo, o total de intervenções cirúrgicas correspondeu a 337 casos.

Atualmente, embora o risco cirúrgico deva sempre ser considerado, várias afecções têm na cirurgia o tratamento definitivo, e além disso, várias das técnicas

cirúrgicas em pequenos animais são consideradas como rotineiras e seguras, obtendo-se sucesso total com a melhora e reabilitação dos pacientes (BRAGA 2008). Analisados de acordo com o sistema acometido, a maior casuística foi associada a cirurgias obstétricas, representando 48% (161/337) do total de casos, seguida do aparelho geniturinário, com 16% (53/337), e locomotor, com 12% (40/337), como representado no Gráfico 1.

GRÁFICO 1. Frequência percentual do Serviço de Cirurgia de Pequenos Aninais do Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas. A) Classificação das afecções cirúrgicas de acordo com o sistema acometido; B) Atendimentos clínicos e cirúrgicos; C) Divisão dos pacientes cirúrgicos por sexo; e D) divisão por espécie



Neste estudo, os caninos foram mais submetidos às intervenções cirúrgicas, representando 93% (313/337) dos casos, seguidos por 7% (24/337) de felinos. Estudo semelhante a este realizado na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo mostrou os cães como a principal espécie acometida por afecção que necessitasse de cirurgias, representando 83,25% do total de

procedimentos (CRUZ-PINTO, 2009). A proteção incondicional que os cães manifestam por seus proprietários (FUCK et al., 2006) e o comportamento característico e frequente em dar afeto e contato corporal, quando comparados aos gatos, podem ser aspectos que justificam a preferência por cães, uma vez que os gatos são independentes e não se incomodam de ficar sozinhos (PEREIRA; PEREIRA, 2013).

Em relação à idade dos pacientes avaliados, a média de idade entre os caninos foi de 7,4 anos (desvio padrão: 4,3 anos), e a média de idade entre os felinos de 3,3 anos (desvio padrão: 4,5). Com o incremento na expectativa de vida de cães e gatos nos últimos tempos, existe uma maior probabilidade de, em algum momento de suas vidas, serem submetidos a algum tipo de intervenção cirúrgica e anestésica (CARARETO *et al*., 2005). Neste estudo, os pacientes com idade entre um e oito anos mostraram-se dominantes, com 31% (104/337) dos casos, seguidos daqueles com idade entre oito e 12 anos, com 25% (83/337), e pelos animais mais jovens, com idade menor que um ano, representando 8% (27/337) dos pacientes. Os animais idosos, com mais de 12 anos de vida, obtiveram a menor incidência, 5% (18/337) do total de pacientes de ambos os sexos e espécies. Contudo, 31% (105/337) dos prontuários avaliados não constavam a idade do paciente, o que demonstra preenchimento incompleto da ficha clínica devido à falta de informação por parte dos tutores. Essa informação não deve ser negligenciada, pois em estudos epidemiológicos, a idade é um fator importante para se conhecer o perfil de uma população a ser estudada.

Pacientes fêmeas corresponderam a 69% (234/337), enquanto que 31% dos pacientes eram machos (103/337). Dentre as fêmeas, as cirurgias obstétricas foram as que mais ocorreram, sendo 47% (111/234) ovariohisterectomia (OH) e 19% (44/234) mastectomia. Todavia a OH é amplamente difundida por todo o planeta para controle populacional de cadelas e gatas (DE TORA; MCCARTHY, 2011). Além disso, é recomendada a realização da OH concomitantemente à mastectomia nos casos de neoplasias mamárias, embora seja controversa a influência desta técnica sobre o aumento da sobrevida do animal (WHITE, 2007). A esterilização de fêmeas caninas pela técnica de OH proporciona excelentes resultados sobre o controle populacional dessas espécies, mostrando-se mais eficaz e eficiente que a esterilização de machos, devido à importância direta das fêmeas na geração de novos indivíduos (BRAGA; FERREIRA, 2013).

A mastectomia se destacou entre as fêmeas, representando 14% (45/234) dos procedimentos cirúrgicos realizados neste grupo de pacientes, sendo as neoplasias de glândula mamária a principal afecção nestas pacientes. As técnicas cirúrgicas para o tratamento da neoplasia mamária variam de lumpectomia até a mastectomia radical (FELICIANO *et al*., 2012). A neoplasia mamária canina representa uma das maiores casuísticas na oncologia veterinária (SAKAMOTO-LIMA, 2013), e a escolha da técnica cirúrgica depende do tamanho, bem como da localização da massa tumoral (CASSALI *et al*., 2014).

Neste estudo, 28% (65/234) das fêmeas que sofreram intervenções cirúrgicas estavam na faixa etária entre oito e 12 anos. Trata-se da faixa etária em que as neoplasias mamárias ocorrem com maior frequência (TORÍBIO, et al., 2012; WITH-

ROW; VAIL, 2013; CASSALI et al., 2014). Ressalta-se que a neoplasia mamária é a neoplasia mais comumente diagnosticada em fêmeas caninas, das quais mais de 50% são malignas, tendo importante impacto na medicina veterinária (CASSALI *et al*., 2014).

Em relação aos machos, 31% (103/337) dos pacientes foram submetidos a procedimentos que envolviam o sistema geniturinário (48%; 50/103) e locomotor (19%; 20/103). Técnicas de orquiectomia e procedimentos voltados à redução de fratura foram as mais realizadas, 47% (48/103) e 19% (20/103), respectivamente. Em um estudo realizado por Vidane *et al.* (2014), 84,7% dos pacientes que sofreram algum tipo de fratura pertenciam à espécie canina, e destes, 8,3% eram do sexo masculino. Esses achados já foram descritos anteriormente por outros autores (KUMAR *et al*., 2007; FERRIGNO et al., 2007; SHIJU et al., 2010). Esta maior incidência em machos se deve ao fato de estes abandonarem suas residências em busca de acasalamentos, desta forma estando mais expostos aos riscos (BENTUBO et al., 2007; FIDELIS et al., 2012).

A clínica cirúrgica do CCV–UNIPAM realizou, durante os 15 meses referentes a esta pesquisa, 119 cirurgias de esterilização de cães e gatos, sem raça definida, de ambos os sexos, o que representa 35% (119/337) do total de procedimentos cirúrgicos neste período. Essa casuística se dá devido aos projetos de castração realizados em parceria com o Centro de Controle de Zoonoses de Patos de Minas e parcerias com ONGs do município. A maior ocorrência de orquiectomia e OH nos pacientes pode ser justificada por se tratar de um hospital-escola, onde projetos de extensão de castração de pequenos animais são oferecidos à comunidade como uma estratégia de controle populacional. A esterilização cirúrgica de machos atende à legislação atual, além de propiciar bem-estar aos animais, impedindo o nascimento de filhotes indesejáveis, sem condição de sobrevivência adequada (LUI *et al*. 2011).

Em relação às afecções do sistema locomotor (12%; 40/337), a principal técnica cirúrgica realizada foi a redução de fratura. Em pequenos animais, na grande maioria das vezes, essas fraturas são decorrentes de traumatismos resultantes de acidentes automobilísticos, projéteis balísticos, brigas e quedas (FOSSUM *et al*., 2014; KUMAR et al., 2007). A intervenção do médico veterinário se faz necessária para avaliação da integridade óssea, bem como para a avaliação de possíveis injúrias e complicações posteriores ao trauma. Em termos ortopédicos, a fratura é caracterizada pela perda parcial ou total da continuidade óssea e são denominadas de acordo com linhas de fratura, que podem ser redutíveis ou não. Estas são sempre acompanhadas por vários graus de lesão nos tecidos moles adjacentes (HULSE; HYMAN, 2007).

Em relação aos machos avaliados neste estudo, a faixa etária com maior representação, 32% (33/103), foi daqueles com intervalo de idade entre um a oito anos. Segundo Johnson (2008), animais jovens e em idade reprodutiva são mais susceptíveis a sofrer traumatismos, decorrente de sua tendência a perambular. O grupo etário dos pacientes com idade menor que um ano representou 16% (16/103), aqueles com idade entre oito e 12 representaram 17% (18/103), enquanto pacientes acima de 12 anos representaram 5% (5/103).

Dentre os animais avaliados, aqueles sem raça definida (SRD) representaram 92% (22/24) entre os felinos e 65% (205/313) entre os caninos. Dentre os caninos, as principias raças observadas foram Pinscher (12%; 38/313), Poodle (7%; 21/313), Shih Tzu (3%; 9/313), Dachshund e Pitbull (2%; 5/313). Entre os felinos, a raça Angorá foi a única definida, correspondendo a 8% (2/24) dos pacientes. A maior casuística de pacientes sem raça definida pode ser justificada por se tratar de um hospital-escola, onde vários tutores que frequentam o hospital são trabalhadores voluntários de organizações não governamentais da cidade de Patos de Minas, que desenvolvem trabalho de proteção animal. Em outros estudos de casuísticas, os mestiços também são a principal raça observada, como descrito no estudo realizado por Fernandes *et al*. (2015), em que os animais sem raça definida representaram 25,41% do total de animais analisados. O maior número de cães sem raça definida pode estar associado às características da população atendida em hospitais escola (GOMES *et al*., 2010).

As cirurgias com menor representação foram cardiorrespiratórias e oftalmológicas, representando 1% (3/337) e 3% (11/337) dos casos avaliados, respectivamente. As recentes pesquisas e o desenvolvimento de instrumentos para o diagnóstico e o tratamento dos problemas oculares têm estimulado profissionais veterinários a se especializarem em Oftalmologia, contribuindo para a reabilitação visual dos animais portadores das doenças do bulbo ocular e de seus anexos (SAMPAIO *et al*., 2010), priorizando conhecer os parâmetros oculares de cada espécie para facilitar e melhorar a qualidade dos procedimentos clínicos e cirúrgicos (MERLINI, 2015).

Assim, este estudo demonstrou o perfil dos pacientes submetidos ao atendimento cirúrgico no CCV-UNIPAM, oferecendo informações epidemiológicas que poderão ser comparadas e utilizadas em pesquisas futuras. Ressalta-se que estudo epidemiológico e a análise detalhada da frequência das principais afecções cirúrgicas que acometem os pequenos animais são de suma importância para o médico veterinário, pois tais estudos permitem traçar o perfil do paciente, bem como buscar novas técnicas e aprimorar tecnologias já existentes na clínica cirúrgica.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os dados apresentados, conclui-se que no Serviço de Cirurgia do CCV-UNIPAM, os cães foram a espécie mais acometida por afecções cirúrgicas (93%), sendo os animais sem raça definida os mais frequentes (67%). Os animais com afecções cirúrgicas possuem, em sua maioria, idade entre um e oito anos. As fêmeas foram mais submetidas a intervenções cirúrgicas, sendo as principais técnicas realizadas a OH (47%) e a mastectomia (19%).

REFERÊNCIAS

BENTUBO, H.D.L. *et al*. Expectativa de vida e causas de morte em cães na área metropolitana de São Paulo (Brasil). *Ciência Rural*, 37(4): 1021-1026, 2007.

BRAGA, D. P. *Incidência e fatores de risco associados à infecção do sítio cirúrgico na clínica de cães e gatos do hospital veterinário da Universidade Federal de Viçosa*. 2008. 104f. Dissertação de Mestrado- Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Viçosa.

BRAGA, R. S.; FERREIRA, G. M. Esterilização cirúrgica de cães e gatos no Município de Anápolis, Goiás, no período de 2010 a 2012. *Revista CFMV*, 58 (2013): 52-7.

CARARETO, R. *et al*. Estudo retrospectivo da morbidade e mortalidade associada com anestesia geral inalatória em cães. *Semina: Ciências Agrárias*, 26(2005): 569-574.

CASSALI, G.D. *et al*. Consensus for the Diagnosis, Prognosis and Treatment of Canine Mammary. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology.* 7(2):38-69, 2014.

CRUZ-PINTO, C.E. *Análise da casuística das afecções cirúrgicas observadas, segundo o aparelho corpóreo analisado, no período de 1988 a 2007 na Clínica Cirúrgica de pequenos animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo*. 2009.107f. Dissertação de Mestrado- Curso de Pós-graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

DETORA, M.; MCCARTH, R.J. Ovariohysterectomy versus ovariectomy for elective sterilization of female dogs and cats: is removal of the uterus necessary? *Journal of American Veterinary Medicine Association*, 239(11): 1409-1412, 2011.

FELICIANO, M.A.R. *et al*. Estudo clínico, histopatológico e imunoistoquímico de neoplasias mamárias em cadelas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(5): 1094-1100, 2012.

FERNANDES, C. C. *et al*. Frequência de neoplasias cutâneas em cães atendidos no hospital veterinário da universidade federal de Uberlândia durante os anos 2000 a 2010. *Bioscience Journal*, 31(2): 541-548, 2015.

FERRIGNO, C. R. A. *et al*. Estudo retrospectivo de radiografias com fraturas do rádio e ulna em cães. Brazilian *Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 44(2007): 122-124.

FIDELIS, J.C.F. *et al.* Incidência de traumas em gatos atendidos no hospital veterinário da UFCG no período de 2006 a 2010 no município de Patos-PB. *Archives of Veterinary*

Science, 17 (2012): 129-131.

FOSSUM, T. W. *Cirurgia de pequenos animais.* 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

FUCK, E.J. *et al.* Relação homem x animal: aspectos psicológicos e comportamentais. *Revista Nosso Clínico*, 8(49): 46-58, 2006.
GADELHA, F.P. *et al*. A. A aplicabilidade da tomografia computadorizada em ortodontia. *Ortodontia,* 40 (2007): 143-148.

GOMES, P.V. *et al*. Occurrence of Hepatozoon sp. in dogs in the urban area originating from a municipality in southeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 74(2010): 155-161.

HULSE, D.; HYMAN, B. "Biomecânica e Biologia das Fraturas", in: Slatter, D. (ed). *Manual de cirurgia de pequenos animais.* São Paulo: Manole, 2007, pp. 1785-1818.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. *Pesquisa nacional de saúde: 2013: acesso e utilização dos serviços de saúde, acidentes e violências: Brasil, grandes regiões e unidades da federação.* Rio de janeiro: IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento, 2015.

KUMAR, K. *et al*. Occurrence and Pattern of Long Bone Fractures in Growing Dogs with Normal and Osteopenic Bones. *Journal of Veterinary Medicine Series A*., 54 (2007): 484–490.

LUI, J. F. *et al*. Esterilização cirúrgica de caninos e felinos em Jaboticabal. Interação entre o benefício social e a pesquisa científica. *Revista Ciência em Extensão*, 7(2): 29-40, 2011.

MERLINI, N. B. *Testes oftálmicos, biometria ocular e cálculo do poder dióptrico da lente em corujas*. Universidade Estadual Paulista Faculdade De Medicina Veterinária e Zootecnia Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal da UNESP – Campus de Botucatu, 2015.

OLIVEIRA, C. C. *et al*. Frequência Epidemiológica das doenças infecto-contagiosas em cães atendidos no Hospital Veterinário da UFRPE. *X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 2010.

PEREIRA, G.G.; PEREIRA, J.T. "Comportamento social dos gatos", in: FARACO, C.B.; SOARES, G.M. *Fundamentos do comportamento canino e felino*. São Paulo: Editora Med Vet, 2013, p. 145-160.

SAKAMOTO-LIMA, S. S. *Tumor mamário canino: estudo in vitro, imunomarcação e ação da doxorrubicina.* Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de

Medicina Veterinária, 2013.

SAMPAIO, R. L. *et al.* Estudo retrospectivo de 689 casos de doenças oculares atendidas no município de Uberaba-MG. *Jornal Brasileiro de Ciência Animal-JBCA*, 3(6): 2010.

SHIJU, S. M. *et al*. Incidences of pelvic limb fractures in dogs: A survey of 478 cases. *Veterinary World,* 3(3):120-121, 2010.

TORÍBIO J.M.M.L. *et al*. Caracterização clínica, diagnóstico histopatológico e distribuição geográfica das neoplasias mamárias em cadelas de Salvador, Bahia. *Revista Ceres de Viçosa*. 59 (2012): 427-433.

VIDANE, A. S. *et al.* E. Incidência de fraturas em cães e gatos da cidade de Maputo (Moçambique) no período de 1998-2008. *Ciência Animal Brasileira*, 15(4): 490-494, 2014.

WHITE, R.A.S. "Tratamento cirúrgico de distúrbios cutâneos específicos", in: SLATTER, D. *Manual de cirurgia de pequenos animais*. 3 ed. Barueri: Manole, v. 1, p. 339-355, 2007.

WITHROW, S.J; VAIL, D. M. "Tumors of the skin and subcutaneous tissues", in: *Withrow and MacEwen's small animal clinical oncology*. 4 ed. Missouri: Saunders, 2013, pp. 305-320.

Revista Perquirere • 15(3):200-213, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Avaliação do efeito cicatrizante do óleo essencial de *Melaleuca alternifólia* em ratos wistar (*Rattus norvegicus albinus*)

Evaluation of the healing effect of essential oil of Melaleuca alternifolia in wistar rats (Rattus norvegicus albinus)

Raissa Botelho e Oliveira
Discente do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM).
e-mail: raissaooliveira@yahoo.com.br

Lorrayne de Barros Bosquetti
Doutora em Ecologia Aplicada pela ESALQ-USP, com pós-doutoramento pela EMBRAPA-CPAO.
Professora do UNIPAM. e-mail: lorrayneb@gmail.com

RESUMO: O processo de cicatrização de feridas envolve a conformação das células, os sinais químicos e as modificações com o objetivo de reestruturar o tecido lesionado. O óleo de *Melaleuca* é utilizado para o tratamento de diversas situações. O presente estudo teve como objetivo verificar a influência do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* na cicatrização de feridas cutâneas. O estudo foi realizado no biotério do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram utilizados oito ratos (*Rattus norvegicus*), da linhagem Wistar, subdivididos em dois subgrupos: quatro animais para avaliação da cicatrização em sete dias e quatro animais para avaliação em quatorze dias. Para o procedimento cirúrgico em cada animal foram excisados dois fragmentos cutâneos de 8mm em região dorsal, sendo uma ferida na região toracolombar cranial (controle) e outra ferida na região caudal à primeira ferida (tratada) até a exposição da fáscia muscular dorsal. As feridas foram observadas diariamente. Ao término do tratamento foi coletado um fragmento de cada lesão e encaminhado para o Laboratório de Histopatologia do Centro Clinico Veterinário do UNIPAM. Na análise macroscópica não houve diferença entre as médias das áreas das feridas tratadas com as feridas-controle em sete (p=0,31) e 14 dias (p=0,52) de tratamento. Na análise microscópica houve uma discreta diferença no processo de cicatrização entre as feridas cutâneas tratadas e as feridas-controles, uma vez que alguns achados histológicos retardam, e outros auxiliam no processo de cicatrização. Em relação à epitelização, epiderme e derme das feridas tratadas, observou-se que estavam normais no sétimo dia, com exceção do RATO-4, que estava ausente. Já os ratos das feridas-controle estavam normais apenas no RATO-1, e ausentes nos outros ratos. A fibrina nas feridas-controle foi mais evidente quando comparadas às feridas tratadas nos animais avaliados em sete dias. Aos 14 dias estava ausente em ambos os grupos. Houve uma maior neovascularização das feridas tratadas tanto de sete dias quanto de 14 dias. Os fibroblastos estavam presentes em mesma

proporção em todas as feridas avaliadas em 14 dias. A hemorragia foi mais intensa nas feridas-controle dos quatro ratos avaliados em sete dias. Dessa forma, outros testes devem ser feitos para avaliar o potencial ativo cicatrizante da substancia em diferentes concentrações. Conclui-se então que o uso tópico do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* a 100% não demostrou auxiliar no processo final de cicatrização cutânea de ratos da linhagem Wistar.
PALAVRAS-CHAVE: Cicatrização. Feridas. *Melaleuca*.

ABSTRACT: The wound healing process involves the conformation of the cells, the chemical signals and the modifications in order to restructure the injured tissue. *Melaleuca* oil is used to treat various conditions. The present study had as objective to verify the influence of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* in the healing of cutaneous wounds. The study was carried out at the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). Eight rats (*Rattus norvegicus*) of the Wistar lineage were subdivided into two subgroups: four animals for evaluation of healing in seven days and four animals for evaluation fourteen days. For the surgical procedure in each animal two skin fragments of 8 mm were dorsal excised, one wound in the cranial thoraco-lumbar region (control) and another wound in the caudal region to the first wound (treated) until the exposure of the dorsal muscular fascia. The wounds were observed daily. At the end of the treatment, a fragment of each lesion was collected and sent to the Laboratory of Histopathology of the Clinical Veterinary Center of UNIPAM. In the macroscopic analysis there was no difference between the means of the wound areas treated with the control wounds in seven ($p = 0.31$) and 14 days ($p = 0.52$) of treatment. In the microscopic analysis there was a discrete difference in the healing process between the treated cutaneous wounds and the control wounds, since some histological findings delay, and others assist in the healing process. Regarding the epithelial, epidermis and dermis of the treated wounds, it was observed that they were normal on the seventh day except for the RAT-4 that was absent. Rats from control wounds were normal only in RAT-1 and absent in other rats. The fibrin in the control wounds was more evident when compared to the wounds treated in the animals evaluated in seven days. At 14 days he was absent in both groups. There was a greater neovascularization of wounds treated for both seven days and 14 days. Fibroblasts were present in the same proportion in all wounds evaluated at 14 days. Haemorrhage was more intense in the control wounds of the four rats evaluated in seven days. Therefore, other tests should be done to evaluate the healing potential of the substance in different concentrations. It was concluded that the topical use of 100% *Melaleuca alternifolia* essential oil did not prove to be an aid to the final cutaneous healing process of Wistar rats.
KEYWORDS: Healing. Wounds. *Melaleuca*.

---

1. INTRODUÇÃO

O processo de cicatrização de feridas envolve a conformação das células, sinais químicos e modificações com o objetivo de reestruturar o tecido lesionado. O tratamento de feridas tem por finalidade a reconstrução da lesão, em busca da integridade do tecido lesionado. Por isso, é fundamental entender

sobre o processo biológico da cicatrização de feridas e regeneração tecidual (MENDONÇA, 2009). A cicatrização compreende quatro fases: inflamação, desbridamento, reparo e maturação, podendo essas fases ocorrer simultaneamente e também serem influenciadas por fatores do hospedeiro, característica do ferimento e fatores externos (FOSSUM, 2014).

Relatos de civilizações antigas de mais de 4.000 anos descrevem que diversos povos já utilizavam plantas para combater várias doenças. A partir de então, elas vieram se tornando uma grande alternativa para tratamentos medicinais, em especial os óleos essenciais, provenientes de metabólitos secundários dessas plantas (CARSON; HAMMER; RILEY, 2006). Segundo Azevedo (2002), as tribos aborígenes da Oceania utilizavam o óleo extraído das folhas do *Tea tree* e misturavam com lama, resultando em uma pasta que era utilizada em cortes como cicatrizante e anti-inflamatório nas infecções cutâneas.

Os óleos essenciais são formados através de compostos químicos voláteis, e se apresentam mais viscosos e menos densos quando comparados à água em temperatura ambiente. Eles são retirados a partir de uma diversidade de plantas e, devido às suas peculiaridades essenciais como fragrância, atividades antimicrobianas e antioxidantes, são amplamente inseridos em alimentos como aditivos naturais, em indústrias de perfumes e também em indústrias farmacêuticas, pois são formados por compostos fenólicos que atuam contra microrganismos (NAVARRETE *et al*., 2011).

O óleo essencial de *Melaleuca alternifólia* pertence à família Mytraceae, e é conhecido como *Tea tree* (árvore-do-chá). É uma planta originária de uma região inabitada da Austrália que se desenvolve em áreas de pântano próximas a rios, e por lidar com condições adversas do clima, solo e ataques de microrganismos, principalmente fungos, ela desenvolveu diversas estratégias de defesa (LÁSZLÓ, 2007). O óleo de *Melaleuca* é utilizado para o tratamento de diversas situações indesejáveis na pele, incluindo a acne, tinha, picadas de insetos e queimaduras (HAMMER; CARSON; RILEY, 2004).

Segundo Simões *et al*. (2002), o óleo essencial da *Melaleuca alternifolia* possui ação antimicrobiana comprovada contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, fungos, alguns vírus, além de forte atividade repelente contra mosquitos, pulgas e piolhos. Um estudo feito por Hammer, Carson e Riley (2004) apontou que o óleo de *Tea tree* e seus constituintes expandiram a permeabilidade das células de levedura e a fluidez da membrana plasmática, e também impossibilitou a acidificação do meio extracelular. Os autores relatam ainda que os componentes desse óleo dispõem de múltiplas técnicas de ação antifúngica. Silva (2001) ressaltou também que o teor, a composição química e as atividades antimicrobianas do óleo de *Tea tree* que são cultivados no Brasil apresentam as mesmas características do óleo extraído de plantas cultivadas na Austrália.

Em virtude do exposto, a efetividade do óleo de *Melaleuca alternifólia* em relação à propagação bacteriana incluindo aquelas resistentes a antibióticos e também pela ação antifúngica, julgou-se oportuna a realização de um estudo experi-

mental com o objetivo de verificar a influência do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* na cicatrizcação de feridas cutâneas provocadas cirurgicamente em ratos Wistar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO ESTUDO E ANIMAIS

O presente estudo foi realizado no biotério do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no município de Patos de Minas, em Minas Gerais, Brasil. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética pelo uso de animais (CEUA), do Centro Universitário de Patos de Minas, sob número de protocolo 20/17.

Foram utilizados oito ratos (*Rattus norvegicus*) da linhagem Wistar, machos, com peso médio de 250 a 300 g selecionados aleatoriamente do biotério do UNIPAM. Os animais foram subdivididos em dois subgrupos de quatro animais, de acordo com o período de avaliação, o qual foi estabelecido: Grupo 1: quatro animais receberam tratamento durante sete dias após a cirurgia; e Grupo 2: quatro animais receberam tratamento durante 14 dias de pós-operatório. Ambos os grupos iniciaram o tratamento 24 horas após realização de ferida cirúrgica. Durante a fase experimental, todos os animais receberam ração padronizada para roedores e água à vontade, foram mantidos em caixas individuais de polipropileno, autoclaváveis e em ambiente ventilado. O ciclo claro-escuro de 12 horas foi obedecido e a temperatura foi mantida em 21°.

2.2. INDUÇÃO ANESTÉSICA E PROCEDIMENTO CIRÚRGICO

Os animais foram imobilizados com a mão dominante, a cabeça foi apreendida entre o dedo indicador e o dedo do meio, o dedo anelar e polegar apreenderam o animal abaixo da região axilar do membro anterior esquerdo, a anestesia foi realizada utilizando associação de cloridrato de xilazina a 2% (10 mg/Kg), cloridrato de cetamina a 10% (70 mg/Kg) e Midazolam a 0,5% (2mg/Kg), ambos por via intraperitoneal (IP).

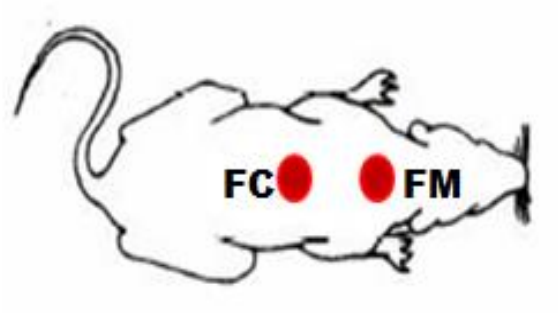
Para o procedimento cirúrgico, os ratos foram posicionados em decúbito ventral e foi realizada a tricotomia no dorso. Assepsia da região foi realizada com álcool 70% e iodo povidine. A excisão da pele e do tecido subcutâneo foi realizada com Punch metálico dermal circular (nº 8).

Em cada animal foram excisados dois fragmentos cutâneos de 8mm cada, sendo uma ferida na região toraco-lombar cranial (denominada controle) e outra ferida na região caudal à primeira ferida (denominada tratada) até a exposição da fáscia muscular dorsal, conforme demonstrado no diagrama 1 (na página seguinte). A hemostasia foi realizada por compressão digital utilizando gaze estéril. Ao término do procedimento, foram aplicados em cada animal 8mg/Kg de cloridrato de tramadol por via subcutânea (SC), e reaplicado a cada oito horas durante dois dias.

Após o término do procedimento cirúrgico, os animais foram alojados em caixas individuais, e a primeira administração tópica nas feridas teve início 24 horas após a realização do procedimento cirúrgico.

Nas feridas tratadas com *Melaleuca* (FM), foi aplicada uma gota do óleo essencial de *Melaleuca* 100%, utilizando-se uma seringa, e nas feridas-controle foi administrada uma gota de solução salina 0,9%. Esse procedimento foi feito durante 7 dias nos animais do Grupo 1 e durante 14 dias nos animais do Grupo 2.

DIAGRAMA 1. Diagrama indicando a região toraco-lombar onde foram feitos os fragmentos de pele e de tecido subcutâneo em ratos Wistar; feridas tratadas (FM) e feridas-controles (FC).



Fonte: adaptado de UEZ (2005)

2.3. TRATAMENTOS

Após o término do procedimento cirúrgico, os animais foram alojados em caixas individuais, e a primeira administração tópica nas feridas teve início 24 horas após a realização do procedimento cirúrgico.

Nas feridas tratadas com *Melaleuca* (FM), foi aplicada uma gota do óleo essencial de *Melaleuca* 100%, utilizando-se uma seringa, e nas feridas-controle foi administrada uma gota de solução salina 0,9%. Esse procedimento foi feito durante 7 dias nos animais do Grupo 1 e durante 14 dias nos animais do Grupo 2.

2.4. ANÁLISE MACROSCÓPICA

Para verificar a evolução do tratamento com *Melaleuca* comparado às feridas consideradas controle (tratadas com salina 0,9%), as feridas dos animais foram observadas e classificadas em ferida aberta (Fa), cicatriz avermelhada (Ca) e cicatriz rosada (Cr).

As áreas das feridas foram medidas utilizando-se um paquímetro. Nos animais do Grupo 1, as feridas foram mensuradas nos dias um, três, cinco e sete, já nos animais do Grupo 2, nos dias um, três, cinco, sete, nove, onze e treze. Os dados avaliados foram anotados em ficha específica e individual para cada animal.

Para a determinação das áreas das lesões, utilizou-se a equação matemá-

tica: A = (π x R x r), onde (π) equivale a 3,14, (A) representa a área, o (R) corresponde ao raio maior da ferida e (r) raio menor.

2.5. ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA

Após o período de observação e coleta das medições das lesões nos grupos 1 e 2, os pacientes foram eutanasiados. Para a realização da eutanásia, os animais foram anestesiados com associação de cloridrato de cetamina a 10% (70 mg/Kg), cloridrato de xilazina a 2% (10 mg/Kg), e Midazolam a 0,5% (2mg/Kg), por via intraperitoneal (IP). Posteriormente, os animais foram colocados em câmara de dióxido de carbono (CO_2) durante dez minutos, o que os levou a uma parada cardiorrespiratória. Após serem retirados da câmara de CO_2, foram aferidos os batimentos cardíacos para a confirmação do óbito.

Após eutanásia, um fragmento de cada ferida foi obtido com margem de dois centímetros de tecido saudável circunscrito à lesão. Os fragmentos foram acondicionados separadamente em frascos contendo formaldeído a 10%, devidamente identificados e posteriormente encaminhados ao Laboratório de Histopatologia do Centro Clínico Veterinário do UNIPAM, onde foram confeccionadas as lâminas histológicas para serem analisadas.

Os achados histológicos foram distribuídos de acordo com a presença ou ausência de crosta, epiderme e derme, epitelização, fibrina, fibroblasto, fibroplasia, hemorragia, neovascularização, plasmócito e polimorfonucleares. Considerando (0) como ausente, (+) como discreta, (++) como moderado e (+++) como intenso.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística, utilizou-se o teste de Levene para averiguar a homogeneidade das variâncias, e a comparação de médias foi feita pelo Teste T de Student, para amostras independentes, considerando o nível de significância de 5%.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE MACROSCÓPICA

A hipótese nula no teste T de amostras independentes é aceita, uma vez que o valor de p foi maior que 0,05 (p=0,31), concordando assim que não houve diferença significativa entre as médias das áreas das feridas tratadas com o as feridas-controle em sete e 14 dias de tratamento, como pode ser observado na Tabela 1 e no Gráfico 1 (na página seguinte).

A não significância dos dados obtidos com o estudo também pode estar ligada à concentração do óleo puro a 100% que foi utilizado no experimento, pois em trabalhos semelhantes utilizando o mesmo óleo, pesquisadores obtiveram resultados positivos, porém, utilizando metodologia de concentração e diluição diferente da presente pesquisa. Boles *et al* (2008) utilizaram em seu estudo hidrogel

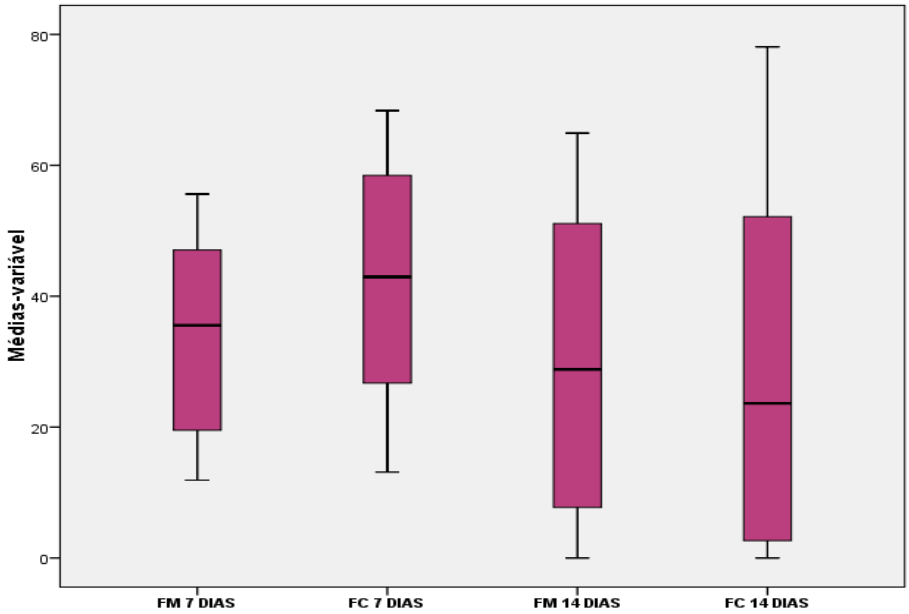
à base de água e óleo de *Melaleuca alternifólia* para o tratamento de queimaduras em ratos da linhagem Wistar, obesrvando uma redução de nível de necrose e resfriamento da pele após o uso, demostrando assim a eficácia do óleo na cicatrização de afecções cutâneas. Neste mesmo seguimento, Vencanto (2012) utilizou hidrogel contendo nanocápsula e nanoemulsão de *Melaleuca* na cicatrização de feridas cutâneas em ratos, obtendo um resultado significativo. Foi observado que, nos aspectos mais externos do processo de cicatrização, o óleo de *Melaleuca* induziu a eliminação mais rápida da crosta em relação ao grupo controle tratado somente com hidrogel e do grupo controle positivo tratado com hidrogel contendo alantoína. Além disso, observou-se que a epiderme estava mais desenvolvida no grupo de hidrogel contendo *Melaleuca.*

TABELA 1. Valores referentes às áreas das feridas tratadas com *Melaleuca* e ferida-controle com soro fisiológico em 7 dias de tratamento; e valores das áreas das feridas tratadas com *Melaleuca* e ferida-controle com soro fisiológico em 14 dias de tratamento.

FERIDAS		Valor P
7 DIAS (FC)	41,30± 18,35	0,31
7 DIAS (FM)	34,25± 14,88	
14 DIAS (FC)	23,43± 24,12	0,52
14 DIAS (FM)	25,47± 23,19	

Médias ± desvio padrão não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($p<0,05$).

GRÁFICO 1. Médias equivalentes às feridas tratadas com óleo essencial de *Melaleuca* e feridas-controle avaliadas em 7 dias, e médias de feridas tratadas com óleo essencial de *Melaleuca* e feridas-controle avaliadas em 14 dias



FM- ratos tratados com óleo de melaleuca; FC- ratos tratados com soro fisiologico

O presente estudo utilizou concentração do óleo puro de Melaleuca a 100%, e os resultados macroscópicos não evidenciaram toxicidade. Em relação à toxicidade do óleo, em uma revisão literária feita por Hammer *et al*. (2006), foi possível observar que os autores destacam os efeitos relacionados com a irritação da pele após a exposição tópica a altas concentrações de *Tea tree* e com a alergia ao óleo ou a seus componentes e produtos de degradação oxidativa, somente em indivíduos predispostos. A toxicidade é uma resposta funcional à mistura de diferentes compostos químicos com diferentes características físicas, o que torna difícil definir a toxicidade do óleo. Entretanto, essas substâncias não se acumulam no organismo, pois são neutralizadas por ligação com o ácido glicorônico e eliminadas juntamente com a urina (SIENKIEWICZ *et al*., 2011).

Para que seja preservada a segurança da utilização do óleo de *Melaleuca*, Ecycle (2013) recomenda seu uso externo local diluído em água; embora ainda não exista um estudo científico sobre a quantidade máxima recomendada, experiências feitas com a *Melaluca* consideram razoável a concentração de 5%, o que equivale a 100 gotas de óleo de *Melaluca* a cada 100 ml de água. Fletcher (2005) também cita que a literatura disponível sugere que o óleo de *Melaluca* pode ser usado topicamente na forma diluída pela maioria dos indivíduos, sem efeitos adversos.

Segundo Sienkiewicz *et al*. (2011), no organismo humano, os óleos essenciais são bem absorvidos pela mucosa nasal, gástrica, intestinal e pela pele. No entanto, em grandes concentrações, pode ter ação irritante. Entretanto, essas substâncias não se acumulam no organismo, pois são neutralizadas por ligação com o ácido glicorônico e eliminadas juntamente com a urina.

3.2. ANÁLISE MICROSCÓPICA

Os animais das feridas-controle apresentaram maior presença de crosta – RATO-1 e RATO-2 (intensa), RATO-4 (moderada), RATO-3 (discreta) – em relação às feridas tratadas que se apresentaram úmidas durante o tratamento e sem presença de crosta na análise no sétimo dia. As crostas das feridas-controle foram observadas a partir do segundo dia e mantiveram-se até o sétimo dia. Na observação microscópica dos animais submetidos ao tratamento até o 14º dia, a crosta já estava ausente em todas as feridas-controle e tratada, uma vez que as feridas já haviam cicatrizado. A retirada de fragmento de pele leva à formação de solução de continuidade que é preenchida por fibrina, coágulo e exsudado inflamatório, formando a crosta que recobre a ferida (MARTINS *et al*., 2006). As crostas caracterizam-se como uma massa ressecada, formada através da combinação de queratina, soro, restos celulares e micro-organismos, e sua presença indica um processo exsudativo anterior a sua instauração (CONCEIÇÃO, 2010). Hedlund (2007) cita que a presença de crostas parece prolongar o processo de epitelização, ao contrário de uma ferida úmida, que permite uma excelente cicatrização.

Em relação à epitelização, à epiderme e à derme das feridas tratadas, estas estavam normais no sétimo dia, com exceção do RATO-4, que estava ausente; já os ratos das feridas-controle, a epitelização, a epiderme e a derme estavam normais

apenas no RATO-1 e ausente nos outros ratos. Essa ausência da epitelização nas feridas-controle pode ser explicada pelas crostas presentes nessas feridas, pois segundo Porth (2010), como a migração de células epiteliais requer uma superfície úmida e vascularizada da ferida, quando ela é impedida por uma superfície seca ou necrótica, ocorre o retardamento da epitelização da mesma até que um leito de tecido de granulação se tenha formado. E quando há essa presença de crosta como foi observado, as células epiteliais migram entre as crostas e o tecido viável subjacente, e somente quando uma porção significativa da ferida é coberta com tecido epitelial é que a crosta se destaca.

No 14° dia apenas nos RATO-6 (FC) e RATO-7 (FT) a epitelização estava ausente. Nas primeiras 24 a 36 horas após a lesão, fatores de crescimento epidérmicos estimulam a proliferação de células do epitélio. A epitelização abrange uma sequência de alterações nos ceratinócitos da ferida: separação, migração, proliferação, diferenciação e estratificação. As células epiteliais migram através das bordas sobre a área da ferida cruenta e dos folículos pilosos próximos, induzindo a contração e a neoepitelização da ferida, reduzindo assim a sua superfície. Os ceratinócitos sintetizam diversas citocinas na pele, estimulando a cicatrização das feridas cutâneas. Eles localizam-se na camada basal da epiderme residual ou na profundidade de apêndices dérmicos revestidos de epitélio, e migram para recobrir a ferida. As células epiteliais movem-se desordenadamente até as bordas aproximando-as, como ocorreu nos grupos tratados com uma maior intensidade e também no grupo controle (TAZIMA *et al*., 2008).

A fibrina nas feridas-controle foi mais evidente quando comparada às feridas tratadas nos animais avaliados em sete dias. Nos animais de 14 dias, a fibrina estava ausente em ambos os grupos. As plaquetas são agregadas no meio da matriz de fibrina formando um coágulo, e o trombo impede o sangramento contínuo, levando à formação de uma barreira protetora e fornecendo um reservatório de substâncias liberadas pela desgranulação das plaquetas. A desgranulação envolve a liberação de diversas citocinas, fatores de crescimento e de proteínas da matriz armazenada dentro dos grânulos alfa das plaquetas. Estas substâncias promovem mecanismos celulares e extracelulares importantes para hemostasia, bem como para várias outras fases da cura das feridas, deposição de matriz, quimiotaxia, proliferação celular, angiogênese e remodelamento (EFRON, 2005; ROZMAN, 2007).

A importância da angiogênese está baseada no fato de que este processo é a chave numa série de eventos siológicos, como ovulação, formação de corpo lúteo e cura como artropatias crônicas, psoríase, retinopatia proliferativa e crescimento tumoral e disseminação metastática, o que faz de todos os mecanismos que participam da angiogênese alvos promissores da terapêutica neste grupo de doenças chamadas angiogênese dependentes. A neoformação vascular ou angiogênese serviria como fonte de nutrientes e oxigênio, além de meio de condução de células fibroblásticas, contribuindo sobremaneira para o processo cicatricial.

Houve uma maior neovascularização das feridas tratadas tanto de sete dias como de 14 dias. Os fibroblastos estavam presentes em mesma proporção em todas as feridas avaliadas em 14 dias. A neovascularização é um evento fundamental

para o processo de cicatrização, pois sem adequada circulação, os fibroblastos não ficam viáveis no ambiente da ferida, e se não houver fibroblastos, não haverá colágeno. A epitelização também é dependente de uma matriz extracelular vascularizada (PAVLETIC, 2010). A angiogênese é considerada um evento complexo, dependente da interação da matriz extracelular e das citocinas que estimulam a migração e multiplicação das células endoteliais. Ela é induzida pela ação do fator de crescimento de fibroblastos (FGF) e do fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), através dos macrófagos, das células endoteliais e das células epiteliais ativadas (HOSGOOD, 2006; HEDLUND, 2007; HOSGOOD, 2007), somando-se à baixa tensão de oxigênio presente no centro da ferida (BALBINO *et al*., 2005). O FGF está relacionado à angiogênese nos primeiros três dias após a lesão, enquanto que o VEGF é considerado crítico para a formação de tecido de granulação do quarto ao sétimo dia (HOSGOOD, 2007).

A presença de hemorragia foi mais intensa nas feridas-controle dos quatro ratos avaliados em sete dias. Existem alguns fatores que influenciam o processo de reparo tecidual de forma extrínseca (fatores ligados ao indivíduo acometido) e intrínseca (fatores ligados diretamente à ferida). Dentre os fatores intrínsecos incluem-se as hemorragias, que levam ao acúmulo de sangue na ferida, criando espaços mortos que interferem diretamente na cicatrização (SCHMITT, 2008). O acúmulo de sangue também propicia o surgimento de hematomas e isquemia, provocando dor e fazendo com que o processo de cicatrização fique mais lento.

A presença de poliformosnucleares foi moderada nos RATOS-1 e 3 (FM), discreta no RATO-1 (FC) e no RATO-4 (FM), e ausente no RATO-2 (FM) e no RATO-4 (FC), sendo estes avaliados em sete dias. No 14° dia de avaliação, os polimorfos estavam presentes apenas no RATO-7 (FM) intensamente, e ausente nos demais animais. A fase inflamatória da cicatrização caracteriza-se basicamente pela presença de células inflamatórias no tecido cicatricial (NETO, 2003). A inflamação está relacionada à fase anterior da cicatrização, além de depender de inúmeros mediadores químicos, das células inflamatórias, como leucócitos polimorfonucleares (PMN), macrófagos e linfócitos (MANDELBAUM *et al*., 2003). O processo inflamatório é compreendido pela migração celular intensificada através das vênulas e do extravasamento de moléculas séricas, anticorpos, complemento e proteínas pelos capilares. Esses eventos são controlados pelo aumento do suprimento sanguíneo e da permeabilidade capilar além de vasodilatação (CARVALHO, 2002). Os componentes celulares mais importantes de uma ferida são os leucócitos polimorfonucleares (PMN) e os macrófagos derivados de monócitos, os quais aparecem proporcionalmente à sua quantidade presente na circulação. O principal tipo de célula predominante é o PMN, que apresenta vida curta e desempenha principalmente a função fagocitária (NETO, 2003). Ele urge durante a injúria tissular e permanece por período que varia de três a cinco dias, sendo responsável pela fagocitose de bactérias (MANDELBAUM *et al*., 2003).

Enfim, a utilização do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no processo de cicatrização de feridas cutâneas em ratos permanece ainda campo aberto a pesquisas, no entanto, outros testes devem ser realizados para avaliar a probabilidade do

potencial ativo cicatrizante da substância em diferentes concentrações, avaliando também um maior número de animais, com maior tempo de tratamento.

Quadro 1. Epiderme, derme, celularidade e neovascularização de feridas cutâneas de ratos Wistar, tratadas com soro fisiológico (FC) e com óleo essencial de *Melaleuca* (FM), no sétimo dia de tratamento das feridas

ANIMAIS 7 DIAS	**RATO 1**		**RATO 2**		**RATO 3**		**RATO 4**	
	FC	FM	FC	FM	FC	FM	FC	FM
Crosta	+++	0	+++	0	+	0	++	0
Epiderme e derme	normal	Normal	0	Normal	0	normal	0	0
Epitelização	normal	Normal	0	Normal	0	normal	0	0
Fibrina	+	0	++	0	0	0	+	+
Fibroblastos	++	+	++	++	+	++	+++	0
Fibroplasia	++	+	++	++	+	+	+++	0
Hemorragia	+	+	++	0	+	0	++	+
Neovascularização	++	+++	++	+++	++	++	+++	0
Plasmocitos	+	+	+	0	+	+	+	0
Polimorfonucleares	++	++	+	0	+	++	0	+

Nota: Normal, ausente = 0; discreto= +; moderado = ++; intenso = +++

Quadro 2. Epiderme, derme, celularidade e neovascularização de feridas cutâneas de ratos Wistar, tratado com soro fisiológico (FC) e com óleo essencial de Melaleuca (FM), no sétimo dia de tratamento das feridas

ANIMAIS 14 DIAS	**RATO 5**		**RATO 6**		**RATO 7**		**RATO 8**	
	FC	FM	FC	FM	FC	FM	FC	FM
Crosta	0	0	0	0	0	0	0	0
Epiderme e derme	normal	Normal	0	Normal	normal	0	normal	normal
Epitelização	normal	Normal	0	Normal	normal	0	normal	normal
Fibrina	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibroblastos	+	+	++	+	+	++	++	++
Fibroplasia	0	+	++	0	+	++	+	+
Hemorragia	0	0	0	0	0	+	0	0
Neovascularização	0	+	+	+	+	+	+	+
Plasmocitos	0	0	0	+	0	+	0	0
Polimorfonucleares	0	0	0	0	0	+++	0	0

Nota: Normal, ausente = 0; discreto= +; moderado = ++; intenso = +++.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o uso tópico do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* a 100% não demostrou auxiliar no processo final da cicatrização cutânea em ratos da linhagem Wistar.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Silberto. Óleo de Melaleuca ou *Tea Tree Oil* – um poderoso antisséptico, germicida e fungicida natural, 2002. Disponível em http://www.lemnisfarmacia.com.br/oleo-de-melaleuca-tea-tree-oil-um-poderoso-antisseptico-germicida-e-fungicida-natural/

BALBINO, C.; PEREIRA, L.; CURI, R. Mecanismos envolvidos na cicatrização: uma revisão. *Revista Brasileira de Ciências Farmacológicas*, 41(1): 27-51, 2005.

BOLES *et al*. Curativo imediato com hidrogel à base de água, óleo de melaleuca alternifólia e emulsificantes após queimaduras. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, 23(4): 328-31, 2008.

CARVALHO P.T.C. *Análise da cicatrização de lesões cutâneas através de espectrofotometria: estudo experimental em ratos diabéticos*. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2002.

CARSON, C. F.; HAMMER, K. A.; RILEY, T. V. Melaleuca alternifolia (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clinical microbiology reviews*, 19(1): 50-62, 2006.

CONCEIÇÃO, L. G.; SANTOS, R. L. "Sistema tegumentar", in: SANTOS, R. L.; ALESSI, A. C. *Patologia veterinária*. São Paulo: Roca, 2010, pp. 423-442.

ECYCLE. Óleo essencial de melaleuca: poderoso antimicrobiano natural traz diversos benefícios à saúde. 2013. Disponível em: https://www.ecycle.com.br/fale-conosco.html

EFRON, D. E. *et al*. "Wound healing", in: BRUNICARDI, C.; ANDERSEN, D. K.; BILLIAR, T. R. (ed). *Schwartz's principles of surgery.* 8 ed. New York: McGraw-Hill; 2005.

FLETCHER JP, CASSELLA JP, HUGHES D, CASSELLA S. An evaluation of the mutagenic potential of commercially available tea tree oil in the United Kingdom. *Int J Aromather*, 15(2005): 81-6.

FOSSUM, T. W. *Cirurgia de pequenos animais*. Trad. Ângela Manetti. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2014.

GARROS, I. C. *et al*. Extrato de *Passiflora edulis* na cicatrização de feridas cutâneas abertas em ratos: estudo morfológico e histológico. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 21 (Supl. 3), 2006.

HAMMER K. A. *et al*. A review of the toxicity of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil.

Food and Chemical Toxicology. 44(2006): 616-25.

HAMMER, K. A.; CARSON, C. F.; RILEY, T. V. Antifungal activity of the components of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil. *Journal of Applied Microbiology*, 1(95): 853–860, 2003.

HEDLUND, C. S. "Cirurgia do sistema tegumentar", n: FOSSUM, T. W. Cirurgia de pequenos animais. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, pp. 159-161.

HOSGOOD, G. Stages of wound healing and their clinical relevance. *Veterinary Clinics of Small Animal Practice*, 36(4): 667-685, 2006.

HOSGOOD, G. "Reparo de feridas e resposta tecidual específica à lesão", in: SLATTER, D. Manual de cirurgia de pequenos animais. 3.ed. São Paulo: Manole, 2007, p. 66-86.

MANDELBAUM, S.H., DI SANTIS, E.P; MANDELBAUM, M.H.S. Cicatrização: conceitos atuais e recursos auxiliares – parte 1. *An Bras de Dermatol.* 78(4):393-410, 2003.

MARTINS, N. L. P. *et al*. Análise comparativa da cicatrização da pele com o uso intraperitoneal de extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (BABAÇU). Estudo controlado em ratos. *Acta Cirúrgica Brasileira*, vol. 21 (Suplemento 3), 2006.

MENDONÇA, R. J., COUTINHO-NETTO, J. Cellular aspects of wound healing. *Anais da Academia Brasileira de Dermatologia*, 84(3): 257-62, 2009.

NAVARRETE, A. *et al*. Improvement of Essential Oil Steam Distillation by Microwave Pretreatment. *I&EC Research*, 50(2011): 4667-4671.

NETO J.C.L. Considerações sobre a cicatrização e o tratamento de feridas cutâneas em equinos em 2003. online. Disponível na internet http://br.merial.com/pdf/arquivo8.pdf.

PAVLETIC, M. M. "Basic principles of wound healing", in: *Atlas of small animal wound management and reconstructive surgery*. 3ed. Ames: Wiley-Bleckwell, 2010, pp. 18-29.

PORTH, T. M. *Fisiopatologia*. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010, pp. 224-225.

ROZMAN, Bolta Z. Use of platelet growth factors in treating wounds and soft tissue injuries, *Acta Dermatovenerol Alp Panonica Adriat*, 16(4):156-165, 2007.

PISTORE, M.; BRUSTOLIN, M. *et al*. Avaliação do uso tópico do óleo essencial de 20

Ruta graveolens L. (Arruda) na cicatrização de feridas em ratos. *Perspectiva, Erechim*, 38(141): 57-68, 2014.

SCHMITT, F. Fatores que interferem na cicatrização. *Ostomy Wound Manage*, 43(1):56-66, 2008.

SIENKIEWICZ, M. *et al.* Antibacterial and immunostimulatory effect of essential oils. *Int Rev Allergol Clin Immunol*, 17 (2011): 40-44.

SILVA, S. R. S. *Composição química, avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial e deficiência hídrica de Melaleuca alternifolia Cheel crescida no Brasil.* 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SIMÕES M. J. *et al*. Aspectos ultra-estruturais do processo de reparação da pele de ratos albinos. *Rev Paul Med*, 6(1985): 103-123.

SIMÕES, R. P. *et al*. Efeito do óleo de Melaleuca alternifolia sobre a infecção estafilocócica. *Revista Lecta. Bragança Paulista*, 2(20): 143-152, 2002.

SIMÕES M. J. *et al.* Aspectos ultra-estruturais dos fibroblastos e dos macrófagos durante o processo de reparação da pele de ratos. *Rev Paul Med.* 5(1986): 104:132.

TAZIMA, M.F.G.S, VICENTE, Y.A.M.V.A, MORIYA. T. Biologia da ferida e cicatrização. *Medicina*, 41(3): 259-64, 2008.

VENCATO, M. S. Atividade da melaleuca em nanocápsula e nanoemulsão na recuperação de feridas cutâneas de ratos. *Salão de Iniciação Científica 24*:1-5: Porto Alegre: UFRGS, out.2012

Revista Perquirere • 15(3):214-223, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Análise microbiológica da carne moída bovina comercializada no mercado municipal de Patos de Minas

Microbiological analysis of the milled beef commercialized at the City Market in Patos de Minas

Tainara Luana da Silva Soares
Graduanda em Zootecnia pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: tainaraluana3m@hotmail.com

Luiz Fernando Rocha Botelho
Professor do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
Mestre em Zootecnia pela Unimontes. e-mail: luizfrb@unipam.edu.br

Juliana Borges Pereira
Professora do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
Mestre em Biociências Aplicadas à Farmácia pela USP. e-mail: julianabp@unipam.edu.br

---

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade microbiológica da carne bovina moída comercializada em diferentes açougues no Mercado Municipal da cidade de Patos de Minas, Minas Gerais. Foram coletadas dez amostras de carne moída. As primeiras análises observacionais foram realizadas no momento da compra, a última análise realizada foi a microbiológica utilizando os microrganismos indicadores: coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, pelo método do Número mais Provável (NMP/g). Em alguns estabelecimentos foram observadas condições que descumprem a RDC n° 216/2004. Todas as amostras apresentaram-se positivas para coliformes totais, sendo que 90% das amostras apresentaram valores superiores a 10^3 NMP/g, 60% apresentaram valores superiores a 10^3 NMP/g para coliformes termotolerantes e 40% das amostras apresentaram crescimento de *E. coli* em meio EMB. Conclui-se com o presente estudo que os manipuladores dos estabelecimentos avaliados necessitam de treinamentos em boas práticas de fabricação, principalmente acerca de higienização dos equipamentos e higiene pessoal.
PALAVRAS-CHAVE: Coliforme. *Escherichia coli.* Análise microbiológica

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the microbiological quality of milled beef sold in different butcher shops in the City Market of Patos de Minas, Minas Gerais. Ten samples of ground beef were collected. The first observational analyzes were performed at the time of purchase, the last microbial analysis was performed by using the following microorganisms: total coliforms, thermotolerant coliforms and *Escherichia*

coli by using the Most Probable Number (NMP/g) method. In some establishments conditions have been observed that contravene RDC 216/2004. All samples were positive for total coliforms, 90% of the samples presented values higher than 10^3 NMP/g, 60% presented values higher than 10^3 NMP/g for thermotolerant coliforms and 40% of the samples showed *E. coli* growth in EMB middle. It is concluded with the present study that the manipulators of the evaluated establishments need training in good manufacturing practices, mainly about hygiene of equipment and personal hygiene.
KEYWORDS: Coliform, *Escherichia coli,* microbiological analysis

1. INTRODUÇÃO

Em 2016 foram abatidas 29,65 milhões de cabeças de bovinos no Brasil, o que resultou na produção de 7,35 toneladas de carcaças. Em comparativo com o ano anterior houve uma queda de 1,9% na produção de carcaças devido à redução de produtividade em 20 estados brasileiros. Mato Grosso foi o estado que mais produziu carne bovina, contribuindo com 15,4% da produção nacional, e Minas Gerais foi o sexto estado com maior número de animas abatidos, contribuindo com 8,17% da participação nacional. Mesmo com essa retração na produção, o Brasil possui o segundo maior rebanho bovino mundial, sendo o segundo maior produtor de carne bovina (IBGE, 2017; BRADESCO, 2017).

No Brasil, a carne é apresentada em diversos cortes e utilizada em inúmeras receitas, e diante disso, é de suma importância sua qualidade microbiológica tanto para o consumo interno quanto para as exportações, pois, com passar dos anos, o consumidor tornou-se mais preocupado com a qualidade dos produtos por ele consumidos e está sempre em busca de um produto acessível que lhe traga segurança. A carne bovina é rica em proteínas, compondo cerca de 18 a 23% da sua composição, além de fornecer vitaminas do complexo B, como a B2 e a B12, e minerais. É considerada a principal fonte de proteína, e seu consumo é recomendado para crianças, adultos e idosos. Possui um teor de gordura que pode variar de 5 a 25% (BECKER, *et al*., 2011; GRACIA, 2011; MARCHI *et al*., 2012).

A cor da carne é o primeiro item analisado pelo consumidor no momento da compra: ela deve ser de um vermelho brilhante. Chamada de qualidade visual, é o que irá atrair ou repelir o cliente. Outros fatores que farão com que o cliente continue a comprar carne em determinados estabelecimentos estão relacionados com a qualidade gustativa, a qualidade nutricional e os aspectos higiênicos sanitários do armazenamento e dos manipuladores do produto. Um alimento seguro deve promover e manter a saúde. Para consumidores, uma carne de qualidade deve apresentar um bom valor nutritivo, ser livre de patógenos e ter boas características organolépticas (BECKER, 2011).

A carne bovina pode sofrer contaminação durante a manipulação, o processamento e o armazenamento. Portanto, além dos cuidados com a carne, é essencial que todos os equipamentos utilizados em seu preparo sejam limpos, e o

tempo e as temperaturas de armazenamento sejam respeitados (FERREIRA; SIMM, 2012).

Os mercados públicos são frequentados por um grande público de diferentes classes econômicas devido à grande oferta de produtos e preços acessíveis, mas geralmente apresentam higiene precária, o que deixa o consumidor destes locais preocupado e relutante em adquirir alguns produtos, principalmente carnes e seus derivados (AMORIM, 2012; NASCIMENTO *et al*., 2014).

A carne é considerada um meio favorável para o desenvolvimento de microrganismos por apresentar alta atividade de água com valor aproximado de 0,99; elevado teor de nutrientes; pH favorável para contaminação, entre 5,3 e 6,5; e por não possuir constituintes antimicrobianos (FERREIRA; SIMM, 2012).

A carne moída está mais propensa à ação de microrganismos, pois na maioria das vezes, ela é constituída de pedaços de diferentes cortes de carne e, no processo de moagem, os microrganismos que se encontram na superfície do alimento e do equipamento de moagem são incorporados em toda a massa. Uma fonte de contaminação importante da carne moída são os moedores e os utensílios de corte dos estabelecimentos que geralmente não passam por limpeza e satinização na frequência recomendada (FERREIRA; SIMM, 2012).

Mesmo quando seguidas as boas práticas de fabricação, pode estar presente na carne microbiota bacteriana patogênica, porém o desenvolvimento dela pode ser inibido pelas condições de conservação, sendo uma delas baixas temperaturas (AMORIM, 2012).

Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade microbiológica da carne bovina moída comercializada em diferentes açougues no Mercado Municipal da cidade de Patos de Minas-MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com amostras coletadas em cinco açougues localizados no Mercado Municipal do município de Patos de Minas, Minas Gerais, durante o mês de dezembro de 2017. Foi coletado um total de dez amostras de carne bovina moída identificadas de 1 a 10, sendo duas amostras por açougue (250 gramas moídas pela manhã e 250 gramas moídas à tarde). A escolha da carne moída se deu devido a seu elevado consumo e ao alto risco de contaminação. O estudo realizado foi do tipo transversal, quantitativo e observacional.

As amostras foram compradas em açougues aleatórios do Mercado Municipal, da forma como estavam sendo comercializadas e acondicionadas dentro de sacos plásticos estéreis, fechados. O transporte se deu por meio de caixas isotérmicas com gelo, para manter a temperatura de refrigeração e evitar alterações até a chegada ao laboratório de Microbiologia de Alimentos do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), onde foram analisadas imediatamente.

A primeira análise das condições higiênico-sanitárias, seguindo alguns critérios como manipulação, armazenamento e condições das carnes, foram reali-

zadas no momento da compra. A última análise realizada foi a microbiológica, utilizando microrganismos indicadores como coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, pelo método do Número mais Provável (NMP).

No laboratório, inicialmente foi realizada a assepsia da parte externa da bancada com álcool 70%. Posteriormente, foram retirados 25 gramas da carne bovina moída, colocados em um frasco contendo 225 ml de água peptonada para homogeneizar a amostra. Ocorreu a agitação do frasco contendo a amostra, resultando na primeira diluição (10^{-1}). Dessa diluição (10^{-1}), foi removido 1,0 ml e transferido para um tubo de ensaio com 9,0 ml de solução salina peptonada, formando a segunda diluição (10^{-2}) posteriormente transferida para um tubo de ensaio com 9,0 ml de solução salina peptonada, formando a segunda diluição (10^{-3}).

No teste presuntivo de coliformes totais, foram utilizadas as três diluições adequadas de cada amostra (10^{-1} 10^{-2}e 10^{-3}), e com uma pipeta de 10,0 ml, foi inoculado 1 ml em uma série de três tubos de Caldo de Lauril Sulfato Triptose (LST) estéril por diluição, com tubo de Durhan invertido, e em seguida, incubados a 35° C por 48 horas. Foram considerados positivos os tubos que apresentarem turvação e formação de gás visível no tubo de Durhan. Para o teste confirmativo, utilizou-se o Caldo Verde Bile Brilhante (VB), transferindo uma alçada de cada amostra positiva de Lauril Sulfato Triptose para tubos contendo Verde Bile Brilhante (VB) e incubados em estufa a 37° C por 48 horas, observando-se os resultados positivos através de turvação do meio e formação de gás.

Para análise dos coliformes termotolerantes, foi transferida uma alçada de cada amostra positiva de Lauril Sulfato Triptose para tubos contendo caldo *E. coli* (EC), e incubados em banho-maria a 45,5° C por 48 horas, considerando os tubos positivos aqueles que apresentaram produção de gás e turvação. Para os tubos que se apresentaram positivos, foi anotado o número de tubos com caldo *E. coli* (EC) que apresentaram formação de gás e turvação, e posteriormente, determinou-se o Número Mais Provável (NMP)/g ou ml em uma tabela de NMP apropriada às diluições inoculadas.

A análise dos dados microbiológicos foi baseada nos critérios da RDC nº 12/2001 (BRASIL, 2001), e as características higiênico-sanitárias foram analisadas de acordo com a RDC nº 216/2004 (BRASIL, 2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estabelecimentos pesquisados se encontravam em boxes individuais dentro do Mercado Municipal. Foram observados em dois açougues funcionários que não usavam proteção para os cabelos, e em alguns estabelecimentos havia excesso de conversas e um funcionário que manipulava dinheiro e carne. Os pontos de venda dispunham de lavatórios para as mãos, contudo, eles eram utilizados também para lavagem de utensílios e outros materiais.

Segundo a resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004, todo estabelecimento que manipula alimentos deve ter lavatórios para higiene das mãos,

equipamentos e utensílios com adequado estado de manutenção, e estes devem ser mantidos em condições higiênico-sanitárias apropriadas. Quanto aos manipuladores, devem ter asseio pessoal, não devem conversar demasiadamente, fumar, manipular dinheiro ou realizar qualquer ação que pode levar à contaminação do produto manipulado. Os equipamentos que entram em contato com o alimento devem apresentar superfícies lisas, laváveis, sem rugosidades, frestas ou qualquer imperfeição que possa comprometer a qualidade do produto, não podem ainda transmitir substância tóxica, odores ou sabores, e devem apresentar-se limpos e desinfetados. Os resíduos devem ser armazenados em recipientes identificados, de fácil remoção e limpeza (BRASIL, 2004).

Pôde-se observar, no momento da compra, em todos os estabelecimentos, que a pessoa responsável pelo atendimento não lavou as mãos antes do processo de moagem da carne e em somente dois açougues eram utilizadas luvas de malha de aço no momento do corte da carne. Essas condições descumprem a RDC nº 216/2004. Condições semelhantes foram encontradas por Lundgren *et al.* (2009) em feiras livres e mercados públicos de João Pessoa.

Em estudo realizado por Santos (2012), no Distrito Federal, observou-se que os funcionários não lavavam as mãos antes da moagem da carne, e ainda, em alguns açougues, que não eram utilizadas luvas de malha de aço nem protetores no cabelo, e que funcionários manipulavam dinheiro e carne.

A carne para exposição era armazenada em balcão frigorífico, porém, não foi possível observar a temperatura de armazenamento. Segundo Amorim (2012), a carne fresca, desde o momento de abate até a exposição para o consumidor, deve permanecer em temperaturas baixas de refrigeração, por se tratar de um alimento altamente perecível e passível de contaminação microbiana. Em temperatura inadequada pode haver contaminação ou crescimento microbiano, bem como modificação das características sensoriais e do valor nutritivo, o que leva a ações nocivas para a saúde humana.

Em todos os açougues analisados, não era feita nenhuma limpeza do moedor entre a moagem de uma carne e outra, e em um dos estabelecimentos, a carne era moída e armazenada em uma bandeja disposta dentro do balcão frigorífico.

Amorim (2012), trabalhando com a identificação da microbiota fúngica da carne moída comercializada no mercado central de Campina Grande, observou que os cortes de carnes ficavam expostos em ganchos de aço e sobre balcões, estruturas que não recebiam nenhum tipo de esterilização e higienização adequada, e ainda permaneciam em temperatura ambiente. Ainda nesse mesmo trabalho, foram encontrados moedores com ferrugem, as facas para corte estavam frequentemente sujas, sua limpeza era feita esporadicamente com um pano umedecido, que atendia às necessidades dos manipuladores em enxugar as mãos e limpar a balança utilizada para pesar as carnes vendidas. Este pano poderia ser um carreador de microrganismos patogênicos contaminando a carne e os equipamentos.

Coutinho *et al.* (2008), analisando as condições de higiene das feiras livres dos municípios de Bananeiras, Solânea e Guarabira, observaram que não havia

coletores de lixos, e que durante a comercialização, os restos ficavam no chão, promovendo mau cheiro e atraindo insetos. A carne ficava exposta em cima de papelão, esteira de palha ou lona plástica. A esteira e o papelão não podem ser lavados, tornando-se impróprios para colocar alimentos. Não havia nenhum refrigerador, e a carne permanecia em temperatura ambiente sob forte calor. As facas e balanças eram velhas, sem nenhuma higienização, e os manipuladores usavam vestuário impróprio, e a higiene pessoal era negligenciada.

A falta de higiene de manipuladores e equipamentos que entram em contato com a carne podem se tornar importantes fontes de contaminações bacterianas, levando à ocorrência de doenças alimentares e à perda de qualidade do produto ofertado ao consumidor. Os resultados da análise microbiológica podem ser observados nas tabelas 1 e 2.

TABELA 1. Quantificação de coliformes totais e termotolerantes por Número Mais Provável (NMP)/g em carne bovina moída comercializada no Mercado Municipal de Patos de Minas, 2017

Amostra		Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes termotolerantes (NMP/g)
1	Manhã	>1,1x 10^3	<3
	Tarde	1,1x 10^3	<3
2	Manhã	4,6 x 10^2	<3
	Tarde	>1,1x 10^3	<3
3	Manhã	1,1x 10^3	>1,1x 10^3
	Tarde	>1,1x 10^3	1,1x 10^3
4	Manhã	>1,1x 10^3	>1,1x 10^3
	Tarde	1,1x 10^3	1,1x 10^3
5	Manhã	1,1x 10^3	>1,1x 10^3
	Tarde	>1,1x 10^3	>1,1x 10^3

Manhã- Amostra coletada no período da manhã
Tarde- Amostra coletada no período da tarde

Entre as 10 amostras analisadas, todas se apresentaram positivas para coliformes totais, sendo que 10% das amostras analisadas apresentaram 4,6x10^2 NMP/g e 90% apresentaram valores superiores a 10^3 NMP/g. Hangui *et al*. (2015), trabalhando com carne moída comercializada em supermercados e açougues na cidade de Anapólis, encontraram em 100% das amostras analisadas coliformes totais, e 37,5% das amostras apresentaram valores acima de 10^3 NMP/g. Já Nascimento *et al.* (2014) encontraram em 62,5% das amostras analisadas valores superiores a 10^3.

Dias *et al.* (2008), trabalhando com a qualidade higiênico-sanitária de carne bovina moída comercializada no sul do Rio Grande do Sul, encontraram em 12,5% das amostras limites acima do recomendado para coliformes termotoleran-

tes. As altas quantidades de coliformes totais presentes nas amostras podem indicar qualidade higiênico-sanitárias inadequadas durante a manipulação da carne.

TABELA 2. Teste confirmativo para *Escherichia coli* presentes em amostras de carne bovina moída comercializada no Mercado Municipal de Patos de Minas, 2017

Amostra		*Escherichia coli*
1	Manhã	N
	Tarde	N
2	Manhã	N
	Tarde	N
3	Manhã	N
	Tarde	P
4	Manhã	N
	Tarde	P
5	Manhã	P
	Tarde	P

P- positivo; N- negativo

No presente estudo foram encontradas em 60% das amostras valores acima de 10^3 NMP/g para coliformes termotolerantes. Valores semelhantes foram encontrados por Abreu *et al.* (2011), avaliando carne moída comercializada no município de Umuarama, no Paraná, onde 30% das amostras apresentaram valores superiores a 10^3 NMP/g.

Mendonça & Granada (1999), trabalhando com a identificação de coliformes em açougues de Pelotas-RS, encontraram resultados positivos para coliformes fecais e totais em bancadas e serras de corte. Já Ferreira & Simm (2012), trabalhando com análise microbiológica da carne moída de um açougue da região central do município de Pará de Minas, e analisando a carne moída na hora e a carne pré-moída, em relação aos coliformes totais e termotolerantes, observaram que somente uma amostra apresentou contaminação abaixo do número contabilizado pelo método do Número Mais Provável (NMP) apresentando 11 NMP/g. As demais amostras apresentaram valores superiores a 2400 NMP/g.

Das amostras analisadas, 40% apresentaram crescimento de *E. coli* em meio EMB. Resultados parecidos foram encontrados por Rosina & Monego (2013), avaliando carne moída comercializada nas redes de supermercados de Canoinhas-SC. Segundo esses autores, a contaminação por *E. coli* se inicia durante o processo de abate, através do contato da carne com a pele do animal contaminada por fezes, e continua com a higiene deficiente de equipamentos e manipuladores, levando ao aumento destes microrganismos na carne moída.

Para Bandeira (2004) a multiplicação de microrganismos modifica as características organolépticas da carne, desvalorando o produto e impossibilitando o seu consumo. Dentro do grupo dos coliformes, as bactérias *E. coli* são microrganismos que habitam o organismo humano de forma comensal, sendo benéfica, porém, alimentos contaminados podem carrear sua forma patogênica, causando doenças diarreicas em seres humanos.

4. CONCLUSÃO

Apesar da legislação não estabelecer um limite máximo aceitável para coliformes em carne bovina *in natura,* alta concentração de coliformes totais indicam qualidade deficiente nas práticas de satinização e processamento dos alimentos, e a presença de coliformes termotolerantes e *E. coli* indicam que houve contaminação fecal da carne. Estes microrganismos podem levar a infecções e/ou intoxicações, quando ingeridos pelo consumidor em alta concentração.

Os estabelecimentos analisados se apresentaram deficientes em relação às condições higiênico-sanitárias, necessitando de treinamento dos manipuladores em boas práticas de fabricação, principalmente acerca de higienização dos equipamentos e higiene pessoal.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. O; MERLINI, L. S.; BEGOTTI, I. L. Pesquisa de *Salmonella spp*, *Staphilococcus aureus*, coliformes totais e coliformes termotolerantes em carne moída comercializada no município de Umuarama-PR. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, 14(1): 19-23. 2011.

AMORIM, G. K. S. *Identificação da microbiota fúngica da carne moída comercializada no mercado central de Campina.* 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Biológicas e de Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

BANDEIRA, M.T.P.S. *Qualidade microbiológica da carne moída.* 43f. Monografia (Especialização em Qualidade de Alimentos)- Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

BECKER, A. K.; KIEL, G. Análise microbiológica de carne bovina *in natura* comercializada em supermercados de Cascavel-PR. *Revista Thêma et Scientia,* 1(2): 206-210, 2011.

BRADESCO. DEPEC- Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. 2017.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução*

RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o "Regulamento sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos e seus Anexos". Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2001.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC nº 216*, de 15 de setembro de 2004.

CARDOSO, T.G.; CARVALHO, V. M. Toxinfecção alimentar por *Salmonella* spp. *Rev. Inst. Ciênc. Saúde*, 24(2): 95-101, 2006.

COUTINHO, E. P. *et al*. Condições de higiene das feiras livres dos municípios de Bananeiras, Solânea e Guarabira. *X Encontro de Extensão Universitária*. João Pessoa, 2008.

DIAS, P.A. *et al*. Qualidade higiênico-sanitária de carne bovina moída e de embutidos frescais comercializados no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Arq. Inst. Biol*., 75(3): 359-363, 2008.

FELIPE, L. M. *Associação de bactérias da família Enterobacteriaceae e Clostridium estertheticum com a deterioração "blown Pack" em cortes cárneos embalados a vácuo.* 86f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva). Faculdade de ciências agrárias e veterinária, Jaboticabal, 2008.

FERREIRA, R. S.; SIMM, E. M. Análise microbiológica da carne moída de um açougue da região central do município de Pará de Minas-MG. *SynThesis Revista Digital FAPAM*, 3 (2012): 37-61.

GRACIA, M. A. *Parâmetros indicadores de qualidade de carne moída utilizada em restaurante de coletividade.* 138f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.

HANGUI, S.A.R. *et al*. Análise microbiológica da carne bovina moída comercializada na cidade de Anápolis, Goiás, Brasil. *Rev. Eletr. de Farmácia*, 12(2): 30-38, 2015.

IBGE. *Estatística da produção pecuária*. Março, 2017.

LAUNDGREN, P.U. *et al*. Perfil da qualidade higiênico-sanitária da carne bovina comercializada em feiras livres e mercados públicos de João Pessoa/PB-Brasil. *Alim. Nutr.* 20(1): 113-119, 2009.

LOPES, S. *Biologia:* reino monera. São Paulo: Saraiva, 2005.

MARCHI, P.G.F. *Estudo comparativo do estado e conservação de carne moída através de métodos microbiológicos e físicos e químicos*. 72f. Dissertação (Mestrado em Medicina

Veterinária Preventiva)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.

MARCHI, P. G. F. *et al*. Avaliação microbiológica e físico-química da carne bovina moída comercializada em supermercados e açougues de Jaboticabal- SP. *Revista eletrônica da Univar*, 7(2012): 81-87.

MENDONÇA, C. R.; GRANADA, G. G. Coliformes em açougues de Pelotas-RS. *Rev. Bras. de Agrociência*, 5(1): 75-76, 1999.

NASCIMENTO, M.V.D. *et al*. Avaliação da qualidade microbiológica da carne moída fresca comercializada no mercado central em Campina Grande- PB. *Revista Saúde e Ciência On line*, 3(1): 56-68, 2014.

ROSINA, A.; MONEGO, F. Avaliação microbiológica da carne bovina moída nas redes de supermercados de canoinhas/SC. *Saúde Meio Ambient.* 2(2): 55-64, 2013.

SANTOS, C.R.F. Análise microbiológica da carne bovina comercializada em açougues do Distrito Federal, antes e após o processo de moagem. Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, 2012.

SILVA, E. C. *A importância do controle microbiológico para a qualidade de carne bovina.* 52f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas)- Faculdades Integradas Fafibe, Bebedouro, 2010.

Revista Perquirere • 15(3):224-232, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Ocorrência de ectoparasitas e helmintos gastrointestinais em cães do canil da Associação Protetora Animal e Ambiental de Patos de Minas, MG

Occurrence of ectoparasites and gastrointestinal helminths in dogs from the Associação Protetora Animal e Ambiental de Patos de Minas, MG

Yasmine Oliveira Santos
Discente do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM). e-mail: yasmine@unipam.edu.br

Luan Pereira Barcelos
Discente do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM). e-mail: luanbarcelos@unipam.edu.br

Eneida César Mastrantonio
Professora do UNIPAM. Doutora em Imunologia e Parasitologia Aplicadas pela Universidade Federal de Uberlândia. e-mail: eneidacm@unipam.edu.br

---

RESUMO: O presente trabalho teve como finalidade investigar a ocorrência de ectoparasitas e helmintos gastrointestinais em cães da Associação Protetora Animal e Ambiental de Patos de Minas (ASPAA). Foram avaliados 100 cães abrigados pela ASPAA no período de abril de 2017 a fevereiro de 2018, com a finalidade de identificar ectoparasitas presentes pela coleta de 100 amostras de fezes frescas. Na técnica de Hoffman (1934), dentre os principais ovos identificados são decorrentes os gêneros de helmintos: *Ancylostoma spp*. (25%), *Toxocara canis* (17%), *Dipylidium caninum* (14%), *Capilliaria aerophila* (13%), *Alaria canis* (9%) e *Trichuris vulpis* (7%). Já para a técnica de Willis e Molly (1921), os principais ovos de helmintos apresentados foram *Ancylostoma spp* (8%), *Toxocara canis* (3%) e o protozoário da classe coccídea *Isospora canis* (7%). A contaminação causada por *Toxocara canis* e *Ancylostoma spp* foi predominante, enfatizando uma potencial ameaça para a saúde pública devido a zoonoses causadas por esses gêneros.
PALAVRAS-CHAVE: Helmintos gastrointestinais. Cães. Zoonose. Parasitas.

ABSTRACT: The present study aimed to investigate the occurrence of ectoparasites and gastrointestinal helminths in dogs of the Animal and Environmental Protection Association of Patos de Minas (ASPAA). We evaluated 100 dogs housed by the ASPAA from April 2017 to February 2018, to identify ectoparasites present through the collect of 100 samples of fresh feces. In Hoffman's technique (1934), among the main eggs identified are the helminth genera: *Ancylostoma spp* (25%), *Toxocara canis* (17%), *Dipylidium caninum* (14%), *Capilliaria aerophila* (13%), *Alaria canis* (9%) and *Trichuris vulpis* (7%). For the technique of Willis and Molly (1921), the main helminth eggs presented were *Ancylostoma spp* (8%), *Toxocara canis*

(3%) and the coccidian *Isospora canis* (7%) protozoan. Contamination caused by *Toxocara canis* and *Ancylostoma spp* was predominant, emphasizing a potential threat to public health due to zoonosis caused by these genera.
KEYWORDS: Gastrointestinal helminths. Dogs. Zoonosis. Parasites.

---

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Asano (2004), a espécie animal que prevalece abrangendo numerosas atribuições na sociedade humana atual é o cão. Apesar de incógnita a razão que levou o homem pré-histórico à tarefa de domesticá-lo, principalmente para crianças e idosos, são imponderáveis os privilégios dessa relação para as condições emocionais, fisiológicas e sociais. Porém, Macpherson (2005) relata que os cães estão automaticamente compreendidos no contágio de mais de 60 zoonoses, e ainda conforme Plant (1996), os cães são uma significativa fonte de contaminação por bactérias, fungos, vírus e parasitas. Portanto, observa-se que a expressão de todos os privilégios é passível de prejuízo se os animais de companhia não obtiverem um zelo clínico.

Diante dos avanços da medicina humana e veterinária, existe uma grande atenção voltado ao surgimento ou agravamento de algumas doenças infecciosas (MONTEIRO, 2008). Isso ocorre devido ao convívio privativo e familiar entre os humanos e animais domésticos, o que tem despertado o interesse em estudos sobre parasitismos zoonóticos que acarretam repercussões negativas na saúde pública. (VASCONCELLOS *et al*, 2006).

Além disso, oferecendo também risco de propagação de parasitoses para outros hospedeiros, ovos de helmintos e/ou oocistos de protozoários podem estar presentes em excrementos fecais caninos, suscitando a difusão de parasitoses (ANDRESUIK *et al*., 2003; SCAINI *et al*., 2003; TÁPARO *et al*., 2006).

O Brasil apresenta um notável obstáculo na saúde pública devido a um grupo de doenças causadas pela presença de helmintos no organismo do homem. Dentre estes, existem doenças causadas por parasitas de animais, como o *Toxocara spp*., o *Ancylostomidae* e o *Trichuris spp*., que utilizam os cães como hospedeiros, podendo gerar disfunções de intensidade variável quando contaminam o homem (BOIA *et al*., 2006).

Além dos parasitas citados, numerosas espécies de carrapatos parasitam animais domésticos, incluindo os cães, mas também parasitando animais silvestres e o homem. Da família dos acarídeos terrestres, os ixodídeos são veículos de vetores que acarretam patologias em várias regiões do mundo, incluindo o Brasil (BANETH *et al*., 1998).

Dentre as moléstias que podem acometer o homem, encontram-se algumas doenças que são transmitidas por meio de parasitas, bactérias e fungos que utilizam como animais domésticos, cães e gatos, como hospedeiros, o que evidencia a relevância dos animais domésticos como fonte de ameaça à saúde humana (ROBERTSON *et al*., 2000).

Isso salienta a premência de uma maior atenção na inspeção desses parasitas, assim como o manejo mais eficiente à profilaxia desses (DANTAS *et al*., 2012; (LORUSSO *et al*., 2013).

Na atualidade, em zonas tropicais e subtropicais de todo o planeta, animais e seres humanos têm sofrido dano considerável devido ao acometimento de enfermidades causadas por parasitas (PULLAN *et al*., 2008; LUSTIGMAN *et al*., 2012).

Uma relevante parcela dos tutores de animais no Brasil é de baixa renda e não consegue manter os gastos durante um ano inteiro com programas de prevenção. Estes encontram-se especialmente na periferia e em áreas rurais, incluindo os tutores com condições financeiras favoráveis para um programa de profilaxia, muitas vezes negligenciada devido à falta de esclarecimento ou de consciência do risco. Algumas possibilidades, como o uso do fungo *Pochonia chlamydosporia* como inimigo natural dos ovos de *T. canis*, é uma possível ação de combate ao parasita, tornando-se exemplo de método que acaba não alcançando a população devido à falta de conhecimento ou recurso (ARAUJO *et al*., 2012).

Para resguardar especialmente idosos e crianças, que são indivíduos que possuem um sistema imunológico com baixa resistência à exposição de parasitas (ALVES *et al*., 2005), observa-se um interesse clínico de analisar esses possíveis protozoários em animais de companhia, devido a seu contato diário com o homem, destacando assim a importância de compreensão de medidas profiláticas e educativas, a fim de inibir a ação negativa destes (SANTOS *et al*., 2007).

Considerando o conhecimento limitado sobre a ocorrência de ectoparasitas e helmintos gastrointestinais que podem transmitir doenças às pessoas através dos animais do canil da Associação de Proteção Animal e Ambiental de Patos de Minas (ASPAA), e com o propósito de colaborar com a apresentação do risco de exposição, esclarecendo ainda sobre maneiras de prevenção, o objetivo proposto deste estudo foi analisar a ocorrência desses parasitas nas fezes dos cães abrigados pela ASPAA através das metodologias de Willis e Mollay (1921) e de Hoffman (1934).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram incluídos na pesquisa 100 cães machos e fêmeas de diferentes faixas etárias, todos escolhidos aleatoriamente entre os animais alojados no período de abril de 2017 a fevereiro de 2018. O presente trabalho foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa de animais (CEUA) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em Minas Gerais, no dia 16 de fevereiro de 2017 sob o protocolo de número 10/17.

A Associação Protetora Animal e Ambiental de Patos de Minas possui um abrigo em condições provisórias, onde são recolhidos rotineiramente cães errantes de toda região do município em questão. O abrigo conta com uma média de 130 cães abrigados anualmente.

Foram recolhidas 100 amostras de fezes frescas, recém-defecadas, da parte superior que não obtiveram contato com o solo, de cada animal. As amostras foram

mantidas a 4° C, e no máximo em 48 horas, foram empregadas às técnicas de Willis e Mollay (1921) e de Hoffman (1934), técnicas pelas quais é possível a identificação de ovos de parasitas nas fezes.

Os exames coproparasitológicos foram realizados no Laboratório de Parasitologia Veterinária da Universidade Patos de Minas, MG (UNIPAM).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No exame clínico não foram encontrados ectoparasitas em nenhum dos cães examinados, possivelmente devido ao eficiente controle de ectoparasitas realizados no abrigo. Das 100 amostras de fezes analisadas, foram encontrados nos métodos da técnica de Hoffman (1934) ovos de parasitas em 66% das amostras (Quadro 1), sendo dessas 29% de infecção mista prevalecendo ainda esse tipo de contaminação por *Ancylostoma spp* (12%) e *Toxocara canis* (10%) (Quadro 3). Já para a técnica de Willis e Molly, foram positivas 21% das amostras, sobressaindo os gêneros *Ancylostoma spp* (8%) e o protozoário da classe coccídea *Isospora canis* (7%) (Quadro 2), com apenas uma contaminação mista.

Apesar de verificada a presença de ovo de *Giardia spp* em apenas uma amostra (Quadro 2), devido à possibilidade de deglutição de alimentos ou contato em via oral com areia e outros objetos que possam abrigar cistos deste parasito, as crianças são as principais cometidas (MACHARETTI et al., 2014), o que demonstra uma atenção a esse gênero, devido ao seu risco

Ainda avaliando esse mesmo fator de risco, foram verificadas 14 amostras contendo ovos de *D. caninum*, refletindo a presença desse parasito no abrigo em questão, apontando um potencial risco às crianças filhas de voluntários que possam ter contato com o local e ainda às crianças de famílias que possam vir a adotar esses cães. A dipilidiose humana tem ocorrido em crianças, constando a presença de proglotes nas fezes de crianças com menos de seis meses de idade (CABELLO *et al*., 2011).

A alta quantidade de amostras positivas para tantos parasitos pode estar associada ao manejo do abrigo, talvez pela condição provisória em que se encontra, tornando difíceis o acesso e a limpeza do local de coleta, pois a permanência e a resistência desses parasitos no ambiente podem estar associadas ao tratamento irregular dos animais contaminados bem como à utilização de medicamentos sem orientação médica e também às frágeis condições de higiene do ambiente (MARQUES *et al*., 2012; ZANZANI *et al*., 2014).

Assim como constatado neste estudo, congregações de helmintos dos gêneros *Toxocara canis* e *Ancylostoma spp* já foram corriqueiramente observadas (LEITE *et al*., 2004). Além disso, em vários locais do país existem pesquisas que, com uma variação de 22% a 79%, relatam uma grande predominância do helminto *Ancylostoma spp*. (ALVES *et al*., 2005; LEITE *et al*., 2004; GUIMARÃES *et al*., 2005; OLIVEIRA-SEQUEIRA *et al*., 2002; SANTOS & CASTRO, 2006; SILVA *et al*., 1994; VASCONCELLOS *et al*., 2006).

QUADRO 1. Número e porcentagem de amostras fecais de 100 cães, positivas e negativas, para diferentes espécies de parasitas gastrintestinais.
Laboratório de Parasitologia da Universidade de Patos de Minas (UNIPAM), Patos Minas, MG (abril de 2017 a fevereiro de 2018)

Técnica de Hoffman (1934)		**Técnica de Willis e Molly (1921)**	
Número de amostras positivas (%)	Número de amostras negativas (%)	Número de amostras positivas (%)	Número de amostras negativas (%)
66	44	21	79

Fonte: elaborado pelos autores, 2017

Quadro 2. Número de parasitas encontrados em 100 amostras fecais de cães, positivas, para diferentes espécies de parasitas gastrintestinais, submetidas a análises pelas técnicas de Hoffman (1934) e de Willis e Molly (1921).
Laboratório de Parasitologia da Universidade de Patos de Minas (UNIPAM), Patos Minas, MG (abril de 2017 a fevereiro de 2018).

Espécie Parasitos	**Parasitas encontrados com a Técnica de Hoffman (1934)**	**Parasitas encontrados com a Técnica de Willis e Molly (1921)**
Ancylostoma spp.	25	8
Toxocara canis	17	3
Dipylidium caninum	14	0
Capilliaria aerophila	13	0
Alaria canis	9	0
Trichuris vulpis	7	1
Isospora canis	7	7
Mesocestoides spp.	2	2
Pysaloptera praeputialis	2	0
Nanophyetus salmincola	1	0
Taenia spp.	1	0
Giardia spp.	0	1
Total	98	22

Fonte: elaborado pelos autores, 2017

Quadro 3. Número e porcentagem de amostras fecais de cães, positivas para *Toxocara canis* e *Ancylastoma spp*, em infecções únicas ou em associações pela técnica de Hoffman (1934), Laboratório de Parasitologia da Universidade de Patos de Minas (UNIPAM), Patos Minas, MG (abril de 2017 a fevereiro de 2018)

GÊNERO	**INFECÇÃO SIMPLES** ---------- **n***	**%**	**INFECÇÃO MISTA** ---------- **n***	**%**
Ancylostoma spp	13	52	12	48
Toxocara canis	7	41,17	10	58,83

Fonte: elaborado pela autora, 2017
n* = número de amostras examinadas.

FIGURA 1. Visualização de lâmina na técnica Hofman (1934) na objetiva de 40x. A) Ovo de *Toxocara canis*. B) Ovos de *Ancylostoma spp*.

Fonte: elaborado pela autora, 2017

Devido seus potenciais zoonóticos, a maior ocorrência dos gêneros *Ancylostoma spp*. e *Toxocara canis* demonstram maior exigência de medida preventiva contra esses helmintos com a finalidade de assegurar a saúde pública, pois todos os cães utilizados neste presente trabalho são errantes e frequentadores de locais públicos, como escolas, universidades, praças e parques. Assim sendo, com o intuito de amenizar o contato desses agentes patógenos com o ser humano, uma ação viável seria a realização de uma vermifugação eficiente e a minimização da quantidade de cães errantes.

Além das ações de prevenção e controle, a fim de diminuir o risco de exposição aos parasitos zoonóticos, é fundamental uma conscientização e uma diretriz correta (SALAMAIA; LOPES, 2013).

Diante disso, é necessário o estímulo sobre a responsabilidade social dos donos para com os seus animais, assim como a eficiência em hábitos sanitários e clínicos no controle populacional com castrações. Deve-se, por fim, encorajar essas ações ainda mais nas periferias da cidade onde a ocorrência é maior (MARQUES *et al.*, 2012).

4. CONCLUSÃO

Diante deste estudo, conclui-se que há uma predominância nos casos confirmados de helmintos gastrointestinais presentes em cães abrigados pela Associação Protetora Animal e Ambiental de Patos de Minas (ASPAA), evidenciando a ocorrência em maior número das amostras positivas para os gêneros *Ancylostoma spp* e *Toxocara canis*. Não se deve desconsiderar também outros parasitos de potencial zoonótico, que se revelaram como positivo nas análises realizadas, o que comprova o risco eminente para a saúde pública da região, já que os cães abrigados pela ASPAA são provenientes de ruas e locais públicos da cidade de Patos de Minas.

REFERÊNCIAS

ALVES, O. F. *et al.* Ocorrência de enteroparasitos em cães no município de Goiânia, Goiás: comparação de técnicas de diagnóstico. *Revista Ciência Animal Brasileira*, 6(2): 127-133, abr./jun. 2005.

ALVES, O.F.; GOMES, A.G.; SILVA, A.C. Ocorrência de enteroparasitos em cães do município de Goiânia, Goiás: comparação de técnicas de diagnóstico. *Ciência Anim Bras*, 6(2005): 127-133.

ANDRESIUK, M. V. *et al*. Encuesta coproparasitológico canina realizado em plazas publicas de La ciudad del Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. *Parasitologia Latinomaericana*, 58(1-2): 12-22, 2003.

ARAUJO J.M. *et al*. Survival of Pochonia chlamydosporia in the gastrointestinal tract of experimentally treated dogs. *Res Vet Sci*, 93(2012): 803–806.

ASANO, K. *et al*. Prevalence of dogs with intestinal parasites in Tochigi, Japan in 1979, 1991 and 2002. *Veterinary Parasitology*, 120(2004): 243-248.

BANETH, G. *et al.* A survey of tick-borne bacteria and protozoa in naturally exposed dogs from Israel. *Veterinary Parasitology*, 74(2-4): 133-142, 1998.

BÓIA, M.N.; CARVALHO-COSTA, F.A. *et al.* Mass treatment for intestinal helminthiasis control in an Amazonian endemic area in Brazil. *Rev Inst Med Trop*, 48(2006): 189-195.

CABELLO, R.R. *et al*. Dipylidium caninum infection. *Case Reports*, 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3229318>. Acesso em: 23 nov. 2016.

DANTAS-TORRES, F.; CHOMEL, B.B.; OTRANTO, D. Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. *Trends Parasitol*, 28(2012): 437–446.

GUIMARÃES, A.M. *et al.* Ovos de *Toxocara sp*. e larvas de *Ancylostoma sp*. em praça pública de Lavras, MG. *Rev Saúde Públ*, 39(2005): 293-295.

LEITE, L.C. *et al*. Endoparasitas em cães (*Canis familiaris*) na cidade de Curitiba – Paraná – Brasil. *Arch Vet Sci*, 9(2004): 95-99.

LORUSSO, V. et al. Paediatric visceral leishmaniasis in Italy: a 'One Health' approach is needed. *Parasit Vectors* 6(123): 1-3, 2013.

LUSTIGMAN, S. *et al*. A research agenda for helminth diseases of humans: the problem of helminthiases. *PLoS Negl Trop Dis*, 6(4): 1-13, 2012.

MACHARETTI, H.; NORBERG, A.N.; MARTINS, J.S.A. *et al*. Protozoários e helmintos em interação com idosos albergados em lares geriátricos no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. UNIABEU Belf. Roxo*, 7(6): 103-112, 2014.

MACPHERSON, C.N.L. Human behavior and the epidemiology of parasitic zoonoses. *International Journal for Parasitology*, 35(2005): 319-1331.

MARQUES, J.P.; GUIMARÃES, C.R.; VILAS BOAS, A. *et al.* Contamination of public parks and squares from Guarulhos (São Paulo State, Brazil) by Toxocara spp. and Ancylostoma spp. *Rev. Inst. Med. Trop. de São Paulo*, 54(2012): 267-271.

MONTEIRO, R. V. Biosegurança na manipulação de animais silvestres. Zoonoses de animais silvestres. *Revista Ciência Veterinária nos Tópicos*, 11(2008): 170-173.

OLIVEIRA-SEQUEIRA, T.C.G.; AMARANTE, A.F.T.; FERRARI, T.B.; NUNES LC. Prevalence of intestinal parasites in dogs from São Paulo State, Brazil. *Vet Parasit* 103(2002): 9-27.

PLANT, M.; ZIMMERMAN, E.M.; GOLDSTEIN, R.A. Health hazards to humans associated with domestic pets. *Annual Review of Public Health*, 17(1996): 221-245.

PULLAN, R.; BROOKER, S. The health impact of polyparasitism in humans: are we under-estimating the burden of parasitic diseases *Parasitology* 135 (2008): 783–794.

ROBERTSON, I. D. *et al*. The role of companion animals in the emergence of parasitic zoonoses. *Int J Parasitol*, 30(12-13): 1369-77, 2000.

SALAMAIA, F.H.; LOPES, C.R.; MOLINARI-CAPEL, L.M. Estudo de parasitas intestinais caninos provenientes de cães hospedados no canil e escola Emanuel, Maringá-PR. *Rev. Saúde Pesq.*, 6(1): 27-33, 2013.

SANTOS, F. A. G. *et al*. Ocorrência de parasitos gastrintestinais em cães (Canis familiaris) com diarréia aguda oriundos da região metropolitana de Londrina, Estado do Paraná, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 28(2): 257-268, abr./jun. 2007.

SANTOS, S.V.; CASTRO, J.M. Ocorrência de Agentes Parasitários com Potencial Zoonótico de Transmissão em Fezes de Cães Domiciliados do Município de Guarulhos, SP. *Arq Inst Biol*, 73(2006): 255-257.

SCAINI, C. J. *et al*. Contaminação ambiental por ovos e larvas de helmintos em fezes de cães na área central do Balneário Cassino, Rio Grande do Sul. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 36(5): 617-619, 2003.

SILVA, A.C. *et al*. Ocorrência de helmintos gastrintestinais eavaliação de métodos de diagnóstico em cães de Belo Horizonte, Minas Gerais. *Rev Patol Trop*, 23(1994): 61-68.

TÁPARO, C. V. *et al*. Comparação entre técnicas coproparasitológicas no diagnóstico de ovos de helmintos e oocistos de protozoários em cães. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 15(1): 1-5, 2006.

VASCONCELLOS, M.C.; BARROS, J.S.L.; OLIVEIRA, C.S. Parasitas gastrointestinais em cães institucionalizados no Rio de Janeiro, RJ. *Rev Saúde Públ*, 40(2006): 321-323.

ZANZANI, S.A.; GAZZONIS, A.L.; SCARPA, P. *et al*. Intestinal Parasites of Owned Dogs and Cats from Metropolitan and Micropolitan Areas: Prevalence, Zoonotic Risks, and Pet Owner Awareness in Northern Italy. *BioMed Res. Int*., 2014.

Revista Perquirere • 15(3):233-246, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Avaliação da carcinogenicidade do Apoquel® (maleato de oclacitinib) em *Drosophila melanogaster*

Evaluation of the carcinogenicity of Apoquel® (oclacitinib maleate) in Drosophila melanogaster

Frederico Faria Melo Júnior
Graduando do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM). e-mail: ffmjunior@outlook.com

Priscila Capelari Orsolin
Doutora em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia.
Professora do UNIPAM. e-mail: priscilaco@unipam.edu.br

Glaucia Aparecida Oliveira Almeida
Graduanda do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM). e-mail: glauciaaoalmeida@hotmail.com

---

RESUMO: Na clínica médica veterinária, a dermatologia é a especialidade de maior casuística, seguida pela oncologia, e ambas estão entre as maiores estatísticas dos atendimentos médicos nos animais, principalmente de companhia. Diante disso, o consumo de diferentes medicações por esses pacientes é frequente e, apesar de eficientes para o controle das patologias, a utilização destes pode causar efeitos diferentes do desejável, como a carcinogênese. Posto isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a carcinogenicidade do Apoquel® (maleato de oclacitinib) por meio do teste para detecção de clones de tumores epiteliais (*warts*) em *Drosophila melanogaster*. Para tanto, foram utilizadas três concentrações da substância: 0,25; 0,50 e 1,0 nM. Essas foram utilizadas isoladamente, em associação com doxorrubicina (em sistema de cotratamento). O tratamento foi realizado com todas as larvas descendentes do cruzamento de fêmeas *wts*/*TM3* com machos *mwh*/*mwh*. Os resultados obtidos possibilitaram evidenciar que o medicamento testado possui ausência de efeito carcinogênico e ausência de efeito modulador sobre a ação da doxorrubicina nas concentrações testadas. Sendo assim, conclui-se que o medicamento não possibilita riscos relacionados à carcinogênese nas presentes condições experimentais.
PALAVRAS-CHAVE: Apoquel®. Carcinogênese. Dermatologia veterinária. Maleato de oclacitinib. *Wts*.

ABSTRACT: In the veterinary medical clinic, dermatology is the specialty of greater casuistry, followed by oncology, and both are among the largest statistics of medical care in animals, mainly company animals. In view of this, the consumption of different medications by these patients is frequent and, although efficient for the control of the pathologies,

the use of these can cause effects different from the desirable, such as carcinogenesis. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the carcinogenicity of Apoquel® (oclacitinib maleate) through the test for the detection of epithelial tumor clones (warts) in *Drosophila melanogaster*. For this, three concentrations of the substance were used: 0.25; 0.50 and 1.0 nM. These were used alone in combination with doxorubicin (in co-treatment). The treatment was carried out with all the larvae descended from the crossing of females *wts*/*TM3* with *mwh*/*mwh* males. The results obtained made it possible to show that the drug tested had no carcinogenic effect and no modulating effect on the action of doxorubicin at the tested concentrations. Therefore, it is concluded that the medicament does not allow risks related to carcinogenesis in the present experimental conditions.
KEYWORDS: Apoquel®. Carcinogenesis. Veterinary Dermatology. Oclacitinib maleate. *Wts*.

---

1. INTRODUÇÃO

A dermatologia (SCOTT *et al*., 2001) e a oncologia (MACEWEN, 2001) estão entre as especialidades veterinárias que atualmente se destacam. Segundo Scott *et al.* (2001), entre 20% e 75% dos atendimentos médicos realizados em animais se relacionam com problemas dermatológicos. A visibilidade dos sinais clínicos das dermatopatias apresentados pelos cães e gatos acabam sendo foco da atenção dos tutores (CONCEIÇÃO *et al*., 2004), explicando a intensa casuística nesse serviço.

A manifestação mais comum relatada pelos responsáveis durante atendimentos é o prurido, estando presente em cerca de 30% a 40% de todas as consultas (HILL *et al*., 2006). Este é definido como a sensação de coceira, sendo ativado por ectoparasitos, alergias e infecções (PATEL; FORSYTHE, 2010). Dentre as patologias tegumentares de caráter alérgico, a dermatopatia atópica canina é bastante recorrente, juntamente com a dermatite alérgica à picada de ectoparasitos (HILL *et al*., 2006), ambas pruriginosas, porém com desencadeantes diferentes (PATEL; FORSYTHE, 2010).

Para a redução do prurido, os corticoides são empregados com frequência, tendo alta taxa de resposta. Porém, o uso prolongado desses medicamentos causa reações adversas importantes (ODAGUIRI; LUCAS, 2011), incluindo maior suscetibilidade a infecções bacterianas e fúngicas (CHEVILLE, 2004). Por isso, novas alternativas terapêuticas têm sido propostas para a redução desse sinal clínico em cães.

Diante da evolução medicamentosa alcançada pela Medicina Veterinária, a indústria de produtos veterinários Zoetis desenvolveu o Apoquel®, composto por maleato de oclacitinib, cujo objetivo é inibir seletivamente as principais vias envolvidas na inflamação associada a alergias em cães (GONZALES *et al*., 2014), como a Janus Quinase (JAK). Esse medicamento foi aprovado para o controle e tratamento de prurido associado à dermatite alérgica e à dermatite atópica em cães (APOQUEL®, 2015); ele atua inibindo uma série de citocinas que são pró-inflamatórias ou têm algum papel em respostas alérgicas, incluindo prurido (GONZALES *et al*., 2014; MARSELLA *et al*., 2014).

Pesquisas sugerem que o Apoquel® exerce a mesma função da prednisolona, de forma eficaz. O diferencial deste é que não foram observados efeitos adversos resultantes da administração de medicações associadas (GADEYNE *et al.*, 2014). Em contrapartida, na descrição da bula, os responsáveis técnicos revelam que o Apoquel® pode exacerbar condições neoplásicas. Nesse mesmo documento, relatam que, em estudo cego, dois cães saíram da pesquisa devido à suspeita e confirmação de neoplasia maligna, sendo que um animal desenvolveu sinais associados à massa cardíaca e outro desenvolveu mastocitoma grau III após 21 e 60 dias de tratamento, respectivamente (APOQUEL®, 2015).

Apesar da importante contribuição para o controle de muitas doenças, a utilização de medicamentos à prática médica produz também efeitos indesejáveis, entre os quais a carcinogênese. O fato de o material genético (DNA) possuir grande sensibilidade às agressões impostas pelo ambiente estimulou um aumento no número de estudos nessa área. Sendo assim, atualmente, diversas substâncias químicas, físicas e biológicas, incluindo os medicamentos, têm sido amplamente testados visando identificar se possuem efeito sobre a carcinogênese (BRAMBILLA; MARTELLI, 2009).

Aliado a esse fator, observa-se que o número de pessoas e de animais domésticos acometidos por algum tipo de neoplasia tem aumentado a cada ano. O estilo de vida da sociedade moderna contribui para a exposição da população a alguns fatores ambientais, nutricionais, químicos e hormonais potencialmente carcinogênicos. Uma consequência da antropomorfização dos animais é a interferência nos hábitos alimentares e no seu ambiente, colocando-os também sob o mesmo risco. Essa pode ser uma das explicações pela qual a incidência de algumas neoplasias se equivale no homem e nos animais (MOULTON, 2008).

Os cuidados dispendidos aos pacientes, aliados aos conhecimentos científicos mais modernos, constituem um dos novos desafios da Medicina Veterinária (OGILVIE, 2003). Estudos baseados na utilização e efeitos presentes no Apoquel® sugerem que seu uso pode acentuar e estimular situações carcinogênicas (GADEYNE *et al.*, 2014; APOQUEL®, 2015), embora tais resultados não sejam ainda comprovados. Além disso, até o momento, não foi realizado nenhum experimento para avaliar o possível efeito carcinogênico dessa substância em *Drosophila melanogaster.*

Nesse contexto, este trabalho propõe uma nova perspectiva de estudo com relação a substância maleato de oclacitinib, presente no Apoquel®, uma vez que não existem estudos comprobatórios do potencial carcinogênico em animais que fazem uso desse medicamento. Informações sobre desenvolvimento e exacerbação de neoplasias são relatadas apenas em estudos cegos na bula.

A incidência de neoplasias em cães e gatos tornou-se um problema comum na clínica veterinária nos últimos anos, sendo a principal causa de morte nos animais de estimação (DOBSON; MORRIS, 2001; WITHROW, 2007). Este fato enfatiza a importância de novas pesquisas para estabelecer um critério de potencialidade carcinogênica do Apoquel®.

Sendo assim, esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito carcinogênico do medicamento Apoquel® por meio do teste para detecção

de clones de tumores epiteliais (*warts*) em *Drosophila melanogaster.*

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. DERMATOLOGIA VETERINÁRIA E PRURIDO

A alta casuística dermatológica na medicina de cães e gatos é um dado epidemiológico importante. Segundo Xavier (2012), esta afirmação compreende a rotina clínica dos profissionais. O sinal clínico mais comum para uma série de dermatopatias é o prurido (LOGAS, 2003), definido como uma sensação desagradável que leva o animal a lambedura, a morder ou a arranhar a própria pele (IKOMA *et al*., 2003), tornando-se a razão mais frequente de apresentação para avaliação dermatológica (HILL *et al*., 2006).

O prurido atua como um sistema de alarme e cuidado, informando sobre a necessidade de remoção de substâncias injuriantes à pele (METZ; GRUNDMANN; STANDER, 2011). Portanto, classificar sua intensidade e avaliar sua localização fazem parte de diagnósticos precisos (SCOTT *et al*., 2001). A descoberta da causa base é a maneira ideal de tratar o prurido. Entretanto, quando esta não é possível, é necessário controlar este sinal até que ocorra efeito na terapia instituída (ARAÚJO, 2011). Os fármacos antipruríticos disponíveis inativam os mediadores deste sinal, tais como anti-histamínicos e corticosteroides, principalmente (ROSENKRANTZ, 2006).

Os anti-inflamatórios esteroidais (AIE) controlam o prurido em até 75% nos cães (STEFFAN *et al*., 2003), sendo considerados de alta efetividade (ODAGUIRI; LUCAS, 2011). A prednisolona e a metilprednisolona são os mais prescritos e apresentam um tempo de semivida curto. Porém, devido aos seus efeitos secundários, tornam-se aconselháveis para o tratamento de curto período, sempre em dose mínima (STEFFAN *et al*., 2003).

2.2. APOQUEL®

O Apoquel® (maleato de oclacitinib) é um novo inibidor seletivo de vias envolvidas na inflamação, como a Janus Quinase (JAK) (HALLIWELL, 2006; GONZALES *et al*., 2014). No Brasil, este foi licenciado pelo Ministério da Agricultura em 2015 e é indicado para o controle e tratamento de prurido associado à dermatite alérgica e dermatite atópica em cães (APOQUEL®, 2015).

As JAKs desempenham papel central na sinalização e transdução de citocinas pró-inflamatórias, pró-alérgicas e pruridogênicas (CARMI-LEVI; HOMEY, 2011). Estas estão envolvidas na sinalização da interleucina 3, uma citocina que induz prurido em cães. A atividade do oclacitinib não se restringe apenas aos efeitos antipruríticos, uma vez que ele também possui propriedades anti-inflamatórias, devido a sua capacidade de inibir a função de outras citocinas, tais como IL-2, IL-4 e IL-6 (GONZALES *et al*., 2013).

O efeito benéfico e a seletividade do oclacitinib com relação aos membros

da família JAK e citocinas pertinentes à ativação dessa via foram determinados por meio da utilização de modelos celulares humanos e caninos. A inibição de certas proteínas, membros desta família, em aproximadamente 50% das células testadas nas concentrações de 10-99 nM e sua ineficiência em um grupo de 38 proteínas não pertencentes à família JAK determinaram os resultados em pesquisas (GONZALES *et al*., 2014). Além disso, esta via participa de processos de sinalização no desenvolvimento de neoplasias hematopoiéticas humanas, envolvendo proliferação e sobrevida celular, angiogênese e metástases (JARK, 2016).

2.3. CÂNCER E ONCOLOGIA VETERINÁRIA

O desenvolver, crescer, diferenciar-se e morrer fazem parte da programação natural das células do nosso corpo, por meio de uma resposta a um complexo sistema de sinais bioquímicos. Em decorrência de limitações de programação e desenvolvimento, ocorre a manifestação de um clone de células livres, resultando numa proliferação inadequada que pode desencadear um câncer, sendo este definido como uma doença genômica, surgindo como consequência de alterações cumulativas no material genético (DNA) de células normais, as quais sofrem transformações até se tornarem malignas (JORDE; CAREY; BAMSHAD, 2010).

As doenças neoplásicas na Medicina Veterinária representam uma das maiores preocupações em saúde de cães e gatos (DOBSON; LASCELLES, 2011), sendo uma das maiores causas de morbidade e mortalidade nestas espécies (DOBSON; MORRIS, 2001). Diante disso, a oncologia tornou-se um desafio, envolvendo o diagnóstico da doença até a sua terapêutica (WITHROW; PAGE; VAIL, 2013), tendo o profissional o objetivo de garantir o máximo de tempo de vida do animal, porém, sem comprometer a sua qualidade ou a relação do animal com o tutor (NORTH; BANKS, 2009).

2.4. *DROSOPHILA MELANOGASTER* E SUA APLICABILIDADE EM PESQUISAS GENÉTICAS

A espécie *Drosophila melanogaster*, conhecida como mosca da fruta, foi introduzida em práticas de pesquisas genéticas no início do século XX. Atualmente, a sua utilização é corriqueira em estudos, pois ela possui um fácil manejo em laboratório, tem um ciclo de vida curto (aproximadamente 10 dias a 25° C) e produz grande descendência (SNUSTAD; SIMMONS, 2017). Os estudos na indução e na síntese de tumores nestas moscas estão relacionados à conservação evolutiva de genes supressores tumorais entre a *Drosophila* e os mamíferos. Uma variedade de proto-oncogenes e supressores tumorais de mamíferos estão presentes também nesta espécie (EEKEN *et al*., 2002).

Há homologia entre o gene supressor de tumor warts (*wts*) em *D. melanogaster* com o LATS1 em mamíferos. Em deficiência, este gene mostrou desenvolvimento de sarcomas em tecidos moles e tumores ovarianos (NISHIYAMA *et al*., 1999). A identificação do gene warts pelos autores supracitados ocorreu por meio da sua habilidade de agir na *D. melanogaster* como um inibidor de tumores. A formação

de clones de células que geram "verrugas" nos membros e no corpo se deve à deleção desse gene. Assim sendo, este tem importância significativa no controle da morfogênese e na proliferação celular.

Segundo Eeken *et al*. (2002), a inativação de ambos os alelos *wts*, em totalidade de células da *D. melanogaster*, culmina em mortalidade dos embriões. Porém, a ocorrência de mutações e recombinações mitóticas, em indivíduos heterozigotos, pode gerar clones tumorais.

3. METODOLOGIA

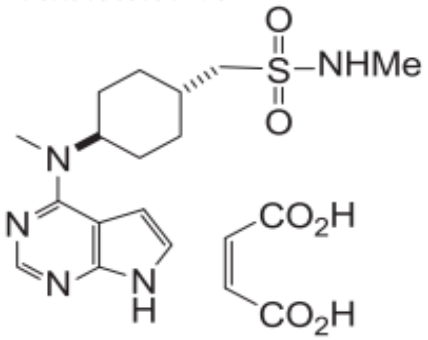
3.1. AGENTES QUÍMICOS

3.1.1. Apoquel®

O Apoquel® (Figura 1) é produzido pela Zoetis Indústria de Produtos Veterinários Ltda em Campinas, São Paulo, Brasil. Cada comprimido possui 3,6 mg, 5,4 mg ou 16 mg de Oclacitinib. Foi desenvolvido para o tratamento do prurido associado a dermatites alérgicas e para o tratamento das manifestações clínicas de dermatites atópicas em cães.

O Apoquel® (lote de fabricação:003/16 e CAS: 1208319-26-9) foi utilizado no presente trabalho nas concentrações de 0,25; 0,50 e 1,0 nM, estabelecidas com base em trabalho desenvolvido por Gonzales *et al.* (2014).

FIGURA 1. Estrutura química do maleato de oclacitinib.



Fonte: Apoquel® (2015)

3.1.2. Doxorrubicina

A Adriblastina® (lote de fabricação: 5PL5111; data de fabricação: 09/2015; data de validade: 09/2019 e CAS: 23214-92-8) constituída por cloridrato de Doxorrubicina (DXR) foi a substância utilizada como controle positivo neste trabalho, visto que possui efeito carcinogênico demonstrado (ADRIBLASTINA®, 2016). Esse medicamento é produzido pelo laboratório Pfizer e vendido na forma de ampola. A DXR

é armazenada no Laboratório de Citogenética e Mutagênese do Centro Universitário de Patos de Minas (LABCIM) em temperatura ambiente, protegida da luz, respeitando as orientações do fabricante.

A substância foi utilizada na presente pesquisa na concentração de 0,4 mM, concentração reconhecidamente carcinogênica em *Drosophila melanogaster* (ROCHA; ALVES; ORSOLIN, 2015).

3.2. TESTE PARA DETECÇÃO DE CLONES DE TUMORES EPITELIAIS EM *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Foram utilizadas duas linhagens mutantes de *D. melanogaster* (*wts* e *mwh*) para a execução do teste *wts*. Estas são cultivadas em estoque no Laboratório de Citogenética e Mutagênese do Centro Universitário de Patos de Minas. Durante toda a realização do teste supracitado, elas ficaram acondicionadas em frascos contendo meio de cultura próprio para esta espécie, mantidas em incubadora, à temperatura de 25° C e 60% de umidade.

Machos e as fêmeas foram colocados juntos, para acasalamento, em frascos contendo meio de cultura próprio, e depois de 48h, foram transferidos para frascos de postura, onde as fêmeas depositaram seus ovos. Para obtenção de larvas heterozigotas (*wts* +/+ *mwh*) de 72 horas, foi realizado o cruzamento entre fêmeas virgens *wts*/*TM3, Sb*^{1} com machos *mwh*/*mwh*. As larvas descendentes deste cruzamento foram todas tratadas com Apoquel® (em três diferentes concentrações: 0,25, 0,50 e 1,0 nM) e os respectivos controles.

3.3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.3.1. Tratamento e análise das moscas

As larvas de 72 horas provenientes do cruzamento referido anteriormente foram transferidas para frascos contendo 1,5 g de purê de batatas (meio alternativo para *Drosophila*) e 5 mL de Apoquel® nas três diferentes concentrações. Para o controle positivo foi utilizada a Doxorrubicina (0,4 mM) e, para o controle negativo, água osmose reversa (ultrapura).

Após o tratamento, as moscas foram coletadas e armazenadas em frascos contendo etanol 70%. Em seguida, elas foram separadas quanto ao fenótipo (apenas moscas portadoras de pelos finos e longos apresentam o gene *wts*, e por isso, moscas com fenótipo de pelo curto e grosso são descartadas). Para a análise das moscas, foram utilizadas lupas estereoscópicas e pinças entomológicas.

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As diferenças estatísticas entre as frequências de tumores das concentrações testadas e os controles foram calculadas utilizando-se o teste *U*, não paramétrico, de Mann-Whitney (α= 0,05).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o potencial carcinogênico do Apoquel® (maleato de oclacitinib) em concentrações de 0,25; 0,50 e 1,0 nM, por meio do teste para detecção de clones de tumores epiteliais em *D. melanogaster*. Para a obtenção dos resultados, como controle negativo, foi utilizada água de osmose reversa, e como controle positivo, Doxorrubicina (DXR) 0,4 mM.

Para a realização do experimento preconiza-se a análise de 200 indivíduos de cada concentração. No entanto, apenas moscas com fenótipo de pelos longos e finos, possuidoras do gene *wts*, são avaliadas. Neste trabalho, em algumas concentrações, esse número não foi completado, visto que nasceram indivíduos em quantidade inferior à sugerida pelo protocolo experimental. Porém, com a proximidade de valores, esse fator não inviabilizou a análise dos resultados, sendo esta realizada normalmente, com obtenção de resultados estatisticamente significativos (conforme Tabela 1).

TABELA 1. Frequência de tumores encontrados nos diferentes segmentos do corpo de *D. melanogaster* tratadas com do Apoquel® (maleato de oclacitinib), controle positivo (DXR 0,4 mM) e controle negativo.

Concentrações	Indivíduos (moscas)	Tumores encontrados						Total	Frequência
		Olho	Cabeça	Asa	Corpo	Perna	Halteres		
Controle negativo	200	00	00	05	05	04	01	15	0,07
Controle positivo	200	01	32	289	182	73	43	620	3,10*
Apoquel® (0,25 nM)	195	00	01	02	11	04	00	18	0,09
Apoquel® (0,50 nM)	200	00	00	02	20	11	03	36	0,18
Apoquel® (1,0 nM)	198	01	03	07	10	05	01	27	0,14
Apoquel® (0,25 nM) + DXR	200	01	23	430	111	131	16	712	3,56
Apoquel® (0,50 nM) + DXR	194	00	34	401	94	80	26	634	3,27
Apoquel® (1,0 nM) + DXR	178	00	07	292	78	84	09	470	2,64

* Diferença estatisticamente significativa de acordo com o teste de Mann-Whitney. Níveis de significância: $\alpha = 0,05$, quando comparado com o controle negativo (água). DXR, doxorrubicina.

Conforme exposto na Tabela 1, os indivíduos tratados apenas com água (controle negativo) obtiveram uma baixa frequência de tumores, o que se explica pela predisposição genética da *D. melanogaster*, sendo esta de 0,07 tumor/ mosca.

No entanto, ao analisar a frequência de tumores dos indivíduos tratados apenas com DXR, é possível notar um aumento significativo (*p<0,05*) na frequência de tumores, quando comparado ao controle negativo, confirmando o efeito carcinogênico que esse composto tem sobre células somáticas (POLEGATO, 2011).

A doxorrubicina é um antibiótico antineoplásico antracíclico isolado de culturas do fungo *Streptomyces peucetius var. caesius* (BITTENCOURT; BRUNSTEIN, 2004), que produz seus efeitos principalmente por meio de ação direta sobre o material genético (RANG *et al*., 2007). As antraciclinas afetam muitas funções do ciclo celular, incluindo a síntese de DNA e RNA, sendo essas carcinogênicas e mutagênicas (BITTENCOURT; BRUNSTEIN, 2004), o que reforça sua utilização como controle positivo no teste *Wts*.

Analisando os resultados dos indivíduos tratados com as diferentes concentrações (0,25; 0,50 e 1,0 nM) de Apoquel® (maleato de oclacitinib) (Tabela 1), isoladamente, é possível observar que nenhuma das concentrações apresentou diferença estatisticamente significativa (*p>0,05*) nas frequências de tumores, quando comparadas ao controle negativo, sendo essas iguais a 0,09; 0,18 e 0,14 tumor/mosca, respectivamente, indicando a ausência de um possível efeito carcinogênico deste composto.

Com relação aos resultados dos indivíduos tratados com as diferentes concentrações de Apoquel® (maleato de oclacitinib) acrescido da DXR (Tabela 1), é possível observar que nenhuma das concentrações testadas apresentou diferença significativa (*p>0,05*) nas frequências de tumores, quando comparadas à frequência do controle positivo (DXR), indicando que o Apoquel® não exerce efeito modulador sobre a ação da DXR, não sendo capaz de reduzir nem aumentar significativamente a frequência tumoral nas moscas cotratadas com Apoquel® + DXR. Apesar desse resultado, o medicamento testado é novo no mercado, existindo a necessidade de novas pesquisas convenientes para essa temática.

Nesse sentido, além da capacidade antipruridogênica, o maleato de oclacitinib possui propriedade anti-inflamatória por inibir seletivamente as vias envolvidas na inflamação associadas a alergias em cães, como a Janus Quinase – JAK (GONZALES *et al*., 2014). Essas vias são essenciais para a sinalização dos receptores das citocinas durante a diferenciação das respostas imunológicas, mas também têm ação imprescindível na mediação dos sinais de crescimento, proliferação e formação das células hematopoiéticas e de outros tecidos (JARK, 2016), evidenciando que, quando inibidas, espera-se que o crescimento de massas neoplásicas cesse ou reduza a intensidade, corroborando com os resultados obtidos na presente pesquisa.

No que concerne à análise da carcinogênese do Apoquel®, embora os resultados tenham demonstrado ausência de carcinogenicidade em *D. melanogaster*, estudos expressam que é por meio da administração a curto prazo do maleato de oclacitinib que este se torna seguro em cães, visto que os efeitos adversos são raros e resumem-se a anorexia, vômito, diarreia, polidpsia, infeções do trato urinário, otite, pioderma e surgimento de nódulos cutâneos (COSGROVE *et al*., 2013, GADEYNE

et al., 2014, LITTLE *et al.*, 2015, OLIVRY *et al.*, 2015). Mormente, informações sobre desenvolvimento e exacerbação de neoplasias são relatadas em estudos cegos na bula (APOQUEL®, 2015), corroborando para a existência de risco oncogênico. Porém, como mencionado anteriormente, tal efeito não foi confirmado no presente trabalho.

Além disso, o oclacitinib modula o sistema imunitário (EUROPEAN MEDICINES AGENCY, 2015), e estudos relacionaram a administração concomitante e por longos períodos de fármacos imunomoduladores ou imunossupressores, como glicocorticoides orais, ciclosporina e oclacitinib, em qualquer combinação, não sendo recomendada, por resultar num risco aumentado de imunossupressão, predispondo a infeções oportunistas potencialmente graves da pele ou de outros órgãos, bem como aumento da suscetibilidade a infestações e ao desenvolvimento/agravamento de condições neoplásicas (SIAK; BURROWS, 2013; NUTTALL; REECE; ROBERTS, 2014; OLIVRY *et al.*, 2015).

Sendo assim, os cães aos quais foram administrados comprimidos devem ser monitorados para detectar as alterações adversas, corroborando com a hipótese de possibilidade de ocorrência de mutação pelo medicamento. Contudo, em relação à necessidade de monitorização laboratorial durante a administração prolongada de oclacitinib, não há ainda consenso, devendo ela ser realizada, caso se observem sinais de doença sistêmica (OLIVRY *et al.*, 2010; OLIVRY *et al.*, 2015).

Outro ponto que deve ser considerado é que, apesar de o Apoquel® (maleato de oclacitinib) não ter exercido efeito sobre o gene *Wts* (warts), responsável pela regulação do ciclo celular da *D. melanogaster*, o qual é homólogo ao LATS1, gene supressor de tumores em mamíferos, isso não garante que a substância não possa exercer efeitos em outros genes nos animais, visto que numerosos proto-oncogenes e supressores de tumores em mamíferos, além do *wts*, possuem homologia com genes presentes nesse organismo teste (EEKEN *et al.*, 2002), corroborando com a necessidade de novos estudos relacionados a essa substância.

5. CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados neste estudo, conclui-se que o Apoquel® (maleato de oclacitinib) não apresenta efeito carcinogênico e modulador sobre a ação da doxorrubicina em células de *D. melanogaster*, nas presentes condições experimentais.

Sugere-se que novos estudos, envolvendo outros organismos testes e modelos experimentais, utilizando maiores concentrações de Apoquel®, sejam conduzidos com o intuito de promover maior compreensão sobre a atividade do medicamento, posto que existem controvérsias sobre a atuação desse medicamento sobre a carcinogênese.

REFERÊNCIAS

ADRIBLASTINA®: pó liofilizado. Responsável técnico: Carolina C. S. Rizoli. Itapevi: Pfizer Itália S.R.L, 2016 (bula de remédio).

APOQUEL®: comprimidos. Responsável técnico: Renato B. Ferreira. Campinas: Pfizer Itália S.R.L., 2015 (bula de remédio).

ARAÚJO, C. P. de. *Abordagem dermatológica ao prurido no cão*. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária) - Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2011.

BITTENCOURT, H. N. S.; BRUNSTEIN, C. G. "Fármacos neoplásicos", in: FUCHS, F. D.; WANNMACHER, L.; FERREIRA, M. B. *Farmacologia clínica*: fundamentos da terapêutica racional. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, cap. 42, p. 512-531.

BRAMBILLA, G.; MARTELLI, A. Update on genotoxicity and carcinogenicity testing of 472 marketed Pharmaceuticals. *Mutation Research*, 681(2): 209-229, 2009.

CARMI-LEVY, I.; HOMEY, B. S. V. A modular view of cytokine networks in atopic dermatitis. *Clinical Reviews in Allergy and Immunology*, 41(3): 245-253, 2011.

CHEVILLE, N. *Introdução à Patologia Veterinária*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2004.

CONCEIÇÃO, L. G. *et al*. Biópsia e histopatologia da pele: um valioso recurso diagnóstico na dermatologia. Revisão - parte 1. *Clínica Veterinária*, 9(52): 36-44, 2004.

COSGROVE, S. B. *et al*. Efficacy and safety of oclacitinib for the control of pruritus and associated skin lesions in dogs with canine allergic dermatitis. *Vet Dermatology*, 24 (5): 479-e114, 2013.

DOBSON, J., LASCELLES, B. *BSAVA Manual of Canine and Feline Oncology*. 3 ed. Gloucester: BSAVA, 2011.

DOBSON, J.; MORRIS, J. *Small animal oncology*. Oxford: Blackwell Science, 2001.

EEKEN, J. C. *et al*. Induction of epithelial tumors in *Drosophila melanogaster* heterozygous for the tumor supressor gene wts. *Enviromental and Molecular Mutagenesis*, 40(4): 277-282, 2002.

EUROPEAN MEDICINES AGENCY. *Apoquel (oclacitinib maleate)*, 2015. Disponível em: <http://www.ema.europa.eu/ema/index.jsp?curl=pages/medicines>. Acesso em 25 fev. 2018.

GADEYNE, C. *et al*. Efficacy of oclacitinib (Apoquel®) compared with prednisolone for the control of pruritus and clinical signs associated with allergic dermatitis in client-owned dogs in Australia. *Veterinary dermatology*, 25(6): 512-e86, 2014.

GONZALES, A. J. *et al*. Interleukin-31: its role in canine pruritus and naturally occurring canine atopic dermatitis. *Veterinary Dermatology*, 24(1): 48-53, e11-e42, 2013.

GONZALES, A. J. *et al*. Oclacitinib (APOQUEL®) is a novel Janus kinase inhibitor with activity against cytokines involved in allergy. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 37(4): 317-324, 2014.

HALLIWELL, R. Revised nomeclature for veterinary allergy. *Vet Immunol Immunopathol*, 114 (2006): 207-208.

HILL, P. B. *et al*. Survey of the prevalence, diagnosis and treatment of dermatological conditions in Small animals in general practice. *The Veterinary Record*, 158 (2006): 533-539.

IKOMA, A. *et al*. Neurophysiology of pruritus – interaction of itch and pain. *Archives of Dermatology*, 139(11): 1475-1478, 2003.

JARK, P. C. *Estudo da via jak2/stat3 e de seus inibidores em linfomas multicêntricos difusos de grandes células b caninos*. 2016. 63 f. Tese (Doutorado em Clínica Médica Veterinária) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

JORDE, L. B; CAREY, J. C; BAMSHAD, M. J. *Genética Médica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

LITTLE, P. R. *et al*. A blinded, randomized clinical trial comparing the efficacy and safety of oclacitinib and ciclosporin for the control of atopic dermatitis in client-owned dogs. *Vet Dermatology*, 26(1): 23-30 e 27-28, 2015.

LOGAS, D. "An approach to pruritus", in: FOSTER, A. P.; FOIL, C. *BSAVA Manual of Small Animal Dermatology*. 2. ed. Gloucester, UK: British Small Animal Veterinary Association, 2003, p. 37-42.

MACEWEN, E. G. "Tumors miscellaneous", in: WITHROW, S. J.; MACEWEN, E. G. *Small animal clinical oncology*. 3. ed. Philadelphia: Saunders, 2001, cap. 29, pp. 639-646.

MARSELLA, R. *et al*. Current understanding of the pathophysiologic mechanisms of canine atopic dermatitis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 241 (2): 194-207, 2014.

METZ, M.; GRUNDMANN, S.; STANDER, S. Pruritus: an overview of current concepts.

Veterinary Dermatology, 22(2): 121-131, 2011.

MILLER W.H.; GRIFFIN C.E; CAMPBELL, K.L. "Hypersensitivity disorders", in: *Muller and Kirk's Small Animal Dermatology*, 7th edition. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Co., 2013.

MOULTON, J.E. *Tumors in domestic animals.* 4 ed. Berkeley: University of California, 2008.

NISHIYAMA, Y. *et al*. A human homolog of *Drosophila* warts supressor, h-warts, localized to mitotic apparatus and specifically phosphorylated during mitosos. *FEBS Letters*, 459(2): 159-165, 1999.

NORTH, S.; BANKS, T. *Introduction to Small Animal Oncology*. London: Saunders Elsevier, 2009.

NUTTALL, T.; REECE, D.; ROBERTS, E. Life-long diseases need life-long treatment: long-term safety of ciclosporin in canine atopic dermatitis. *Vet Rec*, 174(2): 3-12, 2014.

ODAGUIRI, J.; LUCAS, R. Teste alérgico intradérmico e imunoterapia alérgenos específica no controle da dermatite atópica canina-revisão. *Revista Clínica Veterinária*, 91 (2011): 94-100.

OGILVIE, G. "Principles of nutrition for the cancer patient", in: DOBSON J. M., LASCELLES, B. D. *BSAVA Manual of Canine and Feline Oncology*. 2. ed. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association, 2003, pp. 130-135.

OLIVRY, T. *et al*. Treatment of canine atopic dermatitis: 2010 clinical practice guidelines from the International Task Force on Canine Atopic Dermatitis. *Vet Dermatology*, 21(3): 233-248, 2010.

OLIVRY, T. *et al*. Treatment of canine atopic dermatitis: 2015 updated guidelines from the International Committee on Allergic Diseases of Animals (ICADA). *BMC Vet Res*, 11(210): 1-15, 2015.

PATEL, A.; FORSYTHE, P. "Introdução ao prurido – patogênese e evolução das lesões", in: *Dermatologia em pequenos animais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, cap. 3, p. 21-67.

POLEGATO, B. F. *Mecanismos envolvidos na cardiotoxidade aguda induzida pela doxorrubicina em ratos*. 2011. 73 f. Tese, Doutorado em Fisiopatologia em Clínica Médica, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

RANG, H. P. *et al. Farmacologia*. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

ROCHA, A. A. de O.; ALVES, G. C.B.; ORSOLIN, P. C. Efeito modulador do Roacutan® (isotretinoína) sobre a carcinogenicidade da doxorrubicina, avaliado por meio do teste para detecção de clones de tumores epiteliais em *Drosophila melanogaster*. *Perquirere*, 12(2): 201-212, 2005.

ROSENKRANTZ, W. Practical Applications of Topical Therapy for Allergic, Infectious, and Seborrheic Disorders. *Clinical Techiques in Small Animal Practice*, 21(3): 106-116, 2006.

SCOTT, D. W. *et al*. *Muller & Kirk: dermatologia dos pequenos animais*. 6 ed. Philadelphia: Saunders, 2001.

SIAK, M. K.; BURROWS, A. K. Cutaneous nocardiosis in two dogs receiving ciclosporin therapy for the management of canine atopic dermatitis. *Vet Dermatology*, 24(4): 453-456, e102-453, 2013.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. *Fundamentos em genética*. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

STEFFAN, J. *et al*. Comparison of cyclosporine A with methylprednisolone for treatment of canine atopic dermatitis: a parallel, blinded, randomized controlled trial. *Veterinary Dermatology*, 14(1): 11-22, 2003.

XAVIER, D. G. *Casuística clínica e cirúrgica de uma clínica veterinária, na cidade de Camaquã/RS, durante o período de 2008 a 2011*. 2012. 39 f. Monografia (Especialização em Clínica Médica e Cirúrgica de Pequenos Animais) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Porto Alegre, 2012.

WITHROW, S. J. "Why Worry About Cancer in Pets?", in: VAIL, D. M.; WITHROW, S. J. *Withrow and Macewen's small animal clinical oncology*. 4 ed. Missouri: Saunders Elsevier, 2007.

WITHROW, S. J.; PAGE, R.; VAIL, D. M. *Withrow and MacEwen's small animal clinical oncology*. Elsevier Health Sciences, 2013.

Revista Perquirere • 15(3):247-253, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Efeitos da redução da concentração de ocitocina exógena no bem-estar e na produção de leite de vacas lactantes

Effects of the reduction of the concentration of exogenous oxytocin on the well-being and on the milk production of dairy cows

Welton de Oliveira Rabelo
Graduando em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: weltinptc@hotmail.com

Matilde da Conceição Pessoa
Docente dos cursos de Medicina Veterinária e Zootecnia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). e-mail: matildecp@unipam.edu.br

---

RESUMO: Objetivou-se avaliar os efeitos da redução da concentração de ocitocina exógena na produção de leite e no bem-estar de vacas leiteiras. Realizou-se um experimento na fazenda Lajinha, município de Patrocínio-MG, onde quatorze vacas mestiças foram submetidas a três diferentes protocolos de manuseio da ocitocina exógena. As características de frequências cardíacas antes (FC1), durante (FC2) e depois (FC3) da ordenha, frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e a produção de leite (PL) foram avaliadas. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância. As variáveis FC1 e FC3, FR e TR mostraram-se estatisticamente diferentes entre os protocolos avaliados ($p<0,05$), indicando que altas concentrações de ocitocina podem provocar um estresse no animal. Já FC2 e a produção de leite média não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre protocolos ($p>0,05$). De maneira geral, a redução nas concentrações de ocitocina exógena alterou os parâmetros fisiológicos dos animais, não alterando a produção de leite das vacas mestiças.
PALAVRAS-CHAVE: Bovinocultura de leite. Desempenho produtivo. Manejo. Ordenha.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of reduction of exogenous oxytocin concentration on milk production and on the well-being of dairy cows. The experiment was carried out at Farm Lajinha, municipality of Patrocínio-MG, where fourteen cows were submitted to three different protocols for the management of exogenous oxytocin. The characteristics of the heart rate before (FC1), during (FC2) and after (FC3) of milking, respiratory rate (FR), rectal temperature (TR) and milk production (PL) were evaluated. The variables FC1 and FC3, FR and TR were statistically different between the protocols evaluated ($p <0.05$), indicating that high concentrations of oxytocin may cause stress in the

animal. FC2 and milk production did not present statistically significant differences between protocols (p> 0.05). In general, the reduction in exogenous oxytocin concentrations altered the physiological parameters of the animals, without altering the milk production of crossbred cows.
KEYWORDS: Dairy cattle, productive performance, management, milking.

1. INTRODUÇÃO

Buscando reverter a baixa produção de leite bovino no Brasil, muitos produtores têm utilizado o uso do hormônio ocitocina nos animais para facilitar a retirada do leite de vacas que necessitam manter o bezerro ao pé durante a ordenhada (PORCIONATO *et al*, 2005).

Em ordenhas de vacas leiteiras, a utilização de ocitocina tem papel fundamental para a manutenção da lactação e no controle da descida do leite, em sistemas com ordenha tanto mecânica quanto manual, com ou sem bezerro ao pé da vaca, o que significa que a sua liberação e o tempo de ação são cruciais para uma ordenha completa e rápida (SANTOS, 2013). De acordo com Mesquita (2012), em bovinos, a ocitocina, além de ter grande importância na reprodução, atua também no processo de ejeção do leite por meio de mecanismos neuroendócrinos, que induzem a contração das células mioepiteliais que envolvem os alvéolos da glândula mamária, aumentando assim a pressão e expulsando o leite no momento da ordenha destes animais.

Os fatores ambientais podem influenciar diretamente o desenvolvimento animal, e consequentemente sua produção, sendo estes fatores assumidos como qualquer condição não genética à qual animais são submetidos. Diferentes ambientes e climas afetam os animais de formas distintas, e estes, automaticamente, buscam estratégias fisiológicas que os tornem capazes de se adaptar a novas condições. Esse comportamento do animal frente às condições ambientais tem se tornado um desafio para sua própria condição de sobrevivência e de produção. Assim, quanto maior o desafio proposto pelo ambiente na produção, maior será a dificuldade do animal em se adaptar e, consequentemente, menor será seu grau de bem-estar (BOND *et al*, 2012).

Visando aumentar a produção de leite, alguns produtores sem conhecimento acabam por submeter seus animais a condições que podem gerar algum grau de estresse durante o manejo, em caso mais específico, durante a ordenha, pela aplicação intravenosa de ocitocina exógena para forçar a descida do leite. Concordando com Mesquita (2012), apesar de suas inúmeras vantagens, essa ferramenta de manejo gera incômodo nos animais durante a ordenha, estressando-os e consequentemente afetando a produção de leite das vacas.

Para melhor avaliar o grau de estresse das vacas com bezerro ao pé tratadas com ocitocina durante a ordenha e como esse manejo reflete na produção de leite, têm-se buscado possibilidades que possam indicar alternativas que combinem

bem-estar e produção em propriedades leiteiras através de mensurações durante a ordenha. De acordo com Silva *et al*. (2012), é importante que o ambiente de produção busque auxílio de métodos inovadores, de ferramentas computacionais de avaliação e da tomada de decisão no controle do bem-estar de animais confinados.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da redução da concentração de ocitocina exógena, no bem-estar e na produção de vacas leiteiras, aplicada no momento da ordenha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Lajinha no município de Patrocínio-MG, no período de 10 a 21 de julho de 2017. Foram avaliadas 14 vacas mestiças lactantes em diferentes estádios de lactação e com diferentes ordens de partos. As vacas avaliadas passaram por mensurações de produção de leite duas vezes ao dia, sendo às 06h00 e às 16h00, e no intervalo das ordenhas, elas eram suplementadas com silagem de milho e concentrado com 24% de PB. Essa rotina foi adotada durante todo o período de experimento.

Os animais avaliados foram submetidos a três protocolos de aplicação de ocitocina exógena por via endovenosa (na veia abdominal subcutânea), antes do início de cada ordenha. Os protocolos avaliados foram: protocolo I: 0,4 mL de ocitocina no período de 10 a 13 de julho; protocolo II: 0,2 mL de ocitocina + 0,2 mL de soro fisiológico durante o período de 14 a 17 de julho; protocolo III: 0,1 mL de ocitocina + 0,3 mL de soro fisiológico aplicados durante os últimos 4 dias de experimento.

Durante os dias experimentais, foram aferidas nos animais, a cada ordenha, as frequências cardíacas antes (FC1), durante (FC2) e depois (FC3) das ordenhas, por meio de auscultação via estetoscópio. Aferiu-se também a frequência respiratória (FR) durante a realização da ordenha, por meio de contagem de movimentos respiratórios. Ao término de cada ordenha foi medida a temperatura retal (TR) por meio de termômetro digital. As produções de leite foram mensuradas individualmente e em cada horário de ordenha.

Os resultados do experimento foram inicialmente submetidos à análise descritiva, e em seguida, aplicou-se a análise de variância, considerando um nível de significância igual a 5%, para comparação das variáveis segundo os diferentes protocolos avaliados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mesmo não indicando grandes diferenças significativas, a produção de leite aumentou de acordo com a redução nas concentrações de ocitocina. De tal modo todos os protocolos foram eficientes para a mantença da produção de leite dos animais avaliados, sendo o terceiro mais viável economicamente, fazendo com que o animal não seja tão dependente da reposição hormonal sintética.

TABELA 1. Médias e desvios padrão para as características de bem estar e produção de leite de vacas mestiças submetidas a diferentes concentrações de ocitocina exógena aplicadas antes das ordenhas diárias

	Protocolo 1		Protocolo 2		Protocolo 3	
	Ordenha 1	Ordenha 2	Ordenha 1	Ordenha 2	Ordenha 1	Ordenha 2
FC1	75,8 ± 9,2	80,6 ± 10,7	76,9 ± 9,3	80,1 ± 11,4	78,0 ± 11,4	84,5 ± 12,7
(bpm)	75,4 ± 8,9	79,4 ± 10,6	86,6 ± 9,4	78,3 ± 10,5	75,0 ± 10,1	95,3 ± 10,8
FC2(bpm)	73,0 ± 7,8	76,2 ± 9,1	70,5 ± 7,7	73,6 ± 9,5	72,4 ± 9,8	76,7 ± 10,2
FC3	22,2 ± 3,2	26,5 ± 4,3	23,4 ± 2,	29,9 ± 3,4	24,8 ± 2,7	30,7 ± 2,9
(bpm)	38,0 ± 0,4	38,8 ± 0,4	37,8 ± 0,4	38,7 ± 0,3	37,8 ± 0,3	38,7 ± 0,3
FR (mpm)	7,9 ± 3,12	5,7 ± 2,2	7,7 ± 3,0	5,80 ± 2,1	8,0 ± 3,13	5,83 ± 2,2
TR (ºC)						
PL (L)						

BPM (Batimentos por Minuto); MPM (Movimentos por Minuto)

As variáveis frequências cardíacas mensuradas antes e após ordenha (FC1 e FC3) mostraram-se estatisticamente diferentes entre os protocolos avaliados e os diferentes horários de ordenha ($p<0,05$). Já a frequência cardíaca durante a ordenha não apresentou diferenças estatísticas significativas nem entre protocolos, nem entre os horários de ordenhas ($p>0,05$).

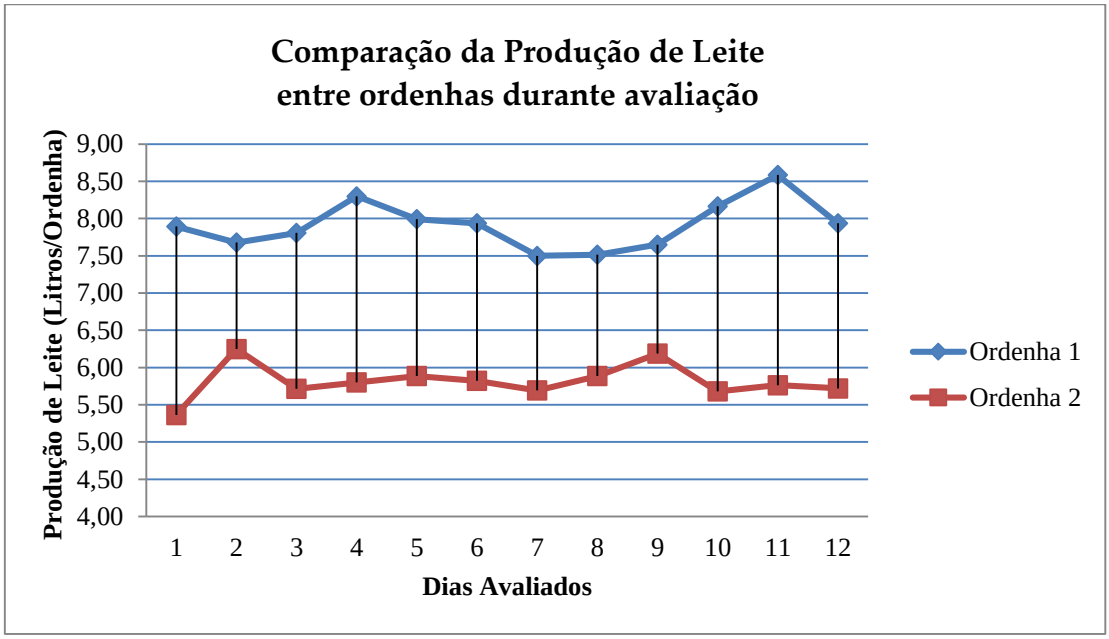
Quanto à frequência cardíaca, Rossarolla (2007) destaca que para bovinos adultos os valores fisiológicos situam-se entre 60 e 70 batimentos por minuto. A aplicação da ocitocina exógena via endovenosa contribuiu de certa forma para o aumento da frequência cardíaca, pois a mesma causa estresse no animal.

Segundo Cerutti *et al* (2010), o aumento ou redução da frequência cardíaca está na dependência da intensidade de estresse a que os animais estão submetidos, e na sua capacidade de adaptação. Sendo assim, o manejo realizado com os animais avaliados causa-lhes estresse, ocasionando alteração na frequência cardíaca deles.

A frequência respiratória e a temperatura retal, mensuradas durante a ordenha, mostraram-se estatisticamente diferentes entre os protocolos e horários de ordenha estudados ($p<0,05$), indicando que maiores concentrações de ocitocina podem provocar um estresse no animal durante a ordenha.

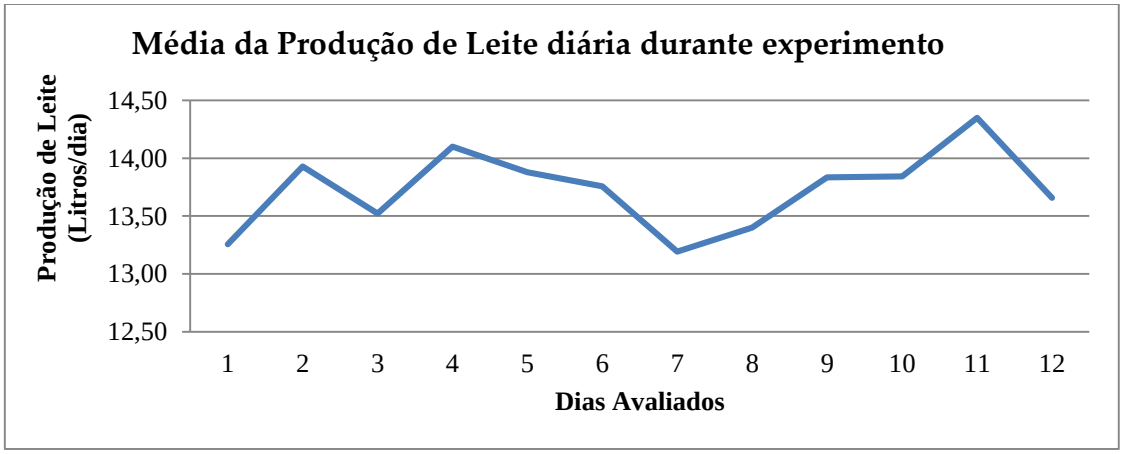
O aumento da temperatura retal (TR) na ordenha 2, realizada em período mais quente do dia, dos três protocolos avaliados, se dá através do estresse ao qual esses animais foram submetidos. De acordo com Souza e Batista (2012), em temperaturas elevadas, não ocorre eficientemente perda de calor por radiação, condução e convecção, e desta forma, a temperatura retal é conservada, causando efeitos prejudiciais ao metabolismo e à produção dos animais.

FIGURA 1. Comparação da média da produção de leite por ordenha.



Em relação à produção de leite, foram observadas diferenças significativas ($p<0,05$) apenas nos horários das ordenhas (Figura 1). Essa diferença avaliada é ocasionada devido ao intervalo entre a ordenha 1 (6:00) e a ordenha 2 (16:00), sendo os intervalos respectivamente 10 e 14 horas.

FIGURA 2. Média da produção de leite diária durante o experimento.



Em estudos, Macedo e Santos (2013) descrevem que a utilização da ocitocina exógena na ordenha é um mecanismo que deve ser analisado previamente antes do uso em vacas leiteiras, pois ele pode acarretar estresse aos animais e ser

possível transmissor de patologias entre eles. Portanto, sua utilização terá que ocorrer de forma bastante minuciosa, a fim de evitar possíveis patologias no rebanho e minimizar o máximo de estresse dos animais com o intuito de não haver defasagem na produção dos mesmos.

CONCLUSÃO

Conclui se que a redução nas concentrações de ocitocina exógena não alterou a produção de leite dos animais durante o período avaliado, entretanto, maiores concentrações de ocitocina são mais eficientes para controle das características associadas ao bem-estar dos animais durante a ordenha.

REFERÊNCIAS

BOND, G. B. *et al*. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. *Rev. Ciência Rural*, 42(7): 1286-1293, 2012.

CERUTTI, W. G. *et al*. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim*. 14(3): 406-412, 2013.

MACEDO, S.N.; SANTOS, M. V. Uso de ocitocina em vacas leiteiras, *Revista Leite Integral*. Piracicaba-SP, 2013, pp. 24-27.

MESQUITA, A. A. *Ocitocina na Produção e Composição do Leite*. 49f. Dissertação (Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS), 2012.

PORCINATO, M. A. F. *et al*. Produção de leite, leite residual e concentração hormonal de vacas gir × holandesa e holandesa em ordenha mecanizada exclusiva. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57(6): 820-824. 2005.

ROSSAROLLA, G. *Comportamento de vacas leiteiras da raça holandesa, em pastagem de milheto com e sem sombra*. Dissertação (Mestrado) - Santa Maria, 2007

SANTOS, M. V. Ocitocina injetável durante a ordenha - solução ou complicação? *Inforleite*. Sorocaba-SP, pp. 40-42. 2013. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/mypoint/6239/p_ocitocina_injetavel_durante_ordenha_solucao_ou_complicacao_ocitocina_ordenha_ubere_hormonio_5648.aspx>. Acesso em: 10 de novembro de 2016.

SILVA I. M. *et al*. Análise espacial das condições térmicas do ambiente pré-ordenha

de bovinos leiteiros sob regimes de climatização. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 16(8): 903–909, 2012.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, 8(3): 6-10, 2012.

Revista Perquirere • 15(3):254-260, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* na cultura da soja (*Glycine max L. Merril*) como agentes de fixação biológica de nitrogênio e promotor de crescimento

Co-inoculation with Bradyrhizobium japonicum and Azospirillum brasiliense in soybean culture (Glycine max L. Merril) as nitrogen biological fixation agents and growth promoter

Paulo Henrique Ferreira Ribeiro
Graduando do curso de Agronomia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: paulohfr10@hotmail.com

Rodrigo Mendes de Oliveira
Especialista em Manejo Integrado de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas.
Docente do curso de Agronomia do UNIPAM. e-mail: rodrigomo@unipam.edu.br

---

RESUMO: A associação simbiótica entre as raízes de soja e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* é utilizada mundialmente com a finalidade de fornecer todo o nitrogênio para o ciclo da planta. Entretanto, apesar do sucesso dessa simbiose, tornam-se de grande importância novas pesquisas, mantendo a funcionalidade de todo o processo. Este trabalho objetivou avaliar a eficiência da coinoculação na semente de soja com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense*. O presente experimento foi realizado em casa de vegetação, localizada no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), as sementes foram tratadas com doses iguais de *Bradyrhizobium japonicum* (3 ml.kg-1 de sementes) e diferentes doses de *Azospirillum brasiliense*, sendo: 0; 2; 4; 6 e 8 ml.kg^{-1} de sementes, cultivadas em vasos de 5 litros, totalizando 5 tratamentos. As plantas foram avaliadas no estádio fenológico R1. A parte aérea e a raiz foram avaliadas quanto à massa seca e comprimento. Avaliou-se também o número de nódulos. Os dados foram submetidos a teste estatístico de regressão. Observou-se um acréscimo no tamanho e peso do sistema radicular e da parte aérea na medida em que se aumentava a dose *Azospirillum brasiliense*. Portanto, a coinoculação se mostrou eficiente no processo de desenvolvimento da planta.
PALAVRAS-CHAVE: Bactéria. Simbiose. Hormônio vegetal.

ABSTRACT: The symbiotic association between soybean roots and bacteria of the genus *Bradyrhizobium* is used worldwide for the purpose of supplying all nitrogen to the plant cycle. However, despite the success of this symbiosis, new research becomes of great importance, maintaining the functionality of the whole process. The objective of this work was to evaluate the efficiency of co-inoculation in soybean seeds with *Bradyrhizobium ja-*

ponicum and *Azospirillum brasiliense*. The seeds were treated with equal doses of *Bradyrhizobium japonicum* and different doses of *Azospirillum brasiliense*, being 3 ml.kg-1 and 0 - 2 - 1, respectively. The experiment was carried out in a greenhouse located at the University Center of Patos de Minas, 4 - 6 - 8 ml.kg-1 respectively, grown in 5-liter pots, totaling 5 treatments. The plants were evaluated at the R1 phenological stage. It was evaluated dry mass and shoot size and root system, root nodule count. Data were submitted to statistical regression test. There was an increase in the size and weight of the root system and the airy part as the *Azospirillum brasiliense* dose increased. Therefore, co-inoculation was efficient in the process of plant development.
KEYWORDS: Bacteria. Symbiosis. Vegetable hormone.

---

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o segundo maior produtor mundial de soja (EMBRAPA, 2018). Na safra de 2017/2018, segundo dados levantados pela CONAB em setembro de 2018, o país produziu cerca de 119,281 milhões de toneladas de soja, podendo ter uma variância de 4,6%, destinando uma área total de 35,149 milhões de hectares para a cultura (CONAB, 2018).

A partir de 1970, a produção dessa cultura passou a ser de grande importância para o agronegócio brasileiro, levando à expansão das áreas cultivadas, à elevação da produtividade e à busca de novas tecnologias (SILVA et al., 2011), como melhoramento genético, novas formas de manejo e melhorias nas formas de conduzir a fixação biológica de nitrogênio (FBN).

O nitrogênio (N) é o nutriente de maior demanda na cultura da soja, por ser uma oleaginosa com grãos ricos em proteínas, os quais apresentam um teor de 6,5% de N. Para produção em larga escala e de forma economicamente viável, a soja se torna a cultura que mais necessita da fixação biológica de nitrogênio (FBN), processo que consiste em fixar nitrogênio atmosférico (N2), por meio de alguns gêneros de bactérias em simbiose com as raízes das plantas, transformando-o em N assimilável para as plantas. No caso da soja, as bactérias mais utilizadas para a FBN pertencem ao gênero *Bradyrhizobium*. Com isso, é importante ressaltar que se torna economicamente inviável a aplicação de fertilizantes nitrogenados, devido ao alto valor destes produtos no mercado (HUNGRIA *et al.*, 2001).

A associação simbiótica entre as raízes de soja e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* é capaz de contribuir com todo o N necessário para o ciclo da planta, que possui uma produtividade média de 3.600 $Kg.ha^{-1}$. E ainda é capaz de fornecer valores de 20 a 30 $Kg.ha^{-1}$ de N para as próximas culturas a serem implantadas no local (GITTI, 2015).

Entretanto, apesar do sucesso da FBN das bactérias do gênero *Bradyrhizobium* com a soja, tornam-se de grande importância novas pesquisas, mantendo a funcionalidade dessa simbiose, para que a contribuição das bactérias não seja ameaçada por fatores como mudanças climáticas, longos períodos de seca, dentre outros (HUNGRIA et al., 2013).

Outros micro-organismos que também são utilizados mundialmente como bactérias capazes de exercer a FBN em outras culturas pertencem ao gênero *Azospirillum* (HUNGRIA *et al*., 2010), que são capazes de promover ainda o crescimento da planta com o aumento da produção de hormônios do crescimento, tais como auxinas, citocininas, giberilinas e outros (HUNGRIA *et al*., 2013).

Acredita-se que a coinoculação destes dois gêneros de bactérias pode vir a acrescentar melhores rendimentos e aproveitamentos de nitrogênio para a cultura da soja.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da coinoculação da *Bradyrhizobium japonicum* com *Azospirillum brasiliense* no desenvolvimento da soja.

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 (18º 36′ 38,2″ latitude Sul, 46º 29′ 12,3″ longitude Oeste, em uma altitude média de 832 metros).

Foram realizados cinco tratamentos com quatro repetições cada, adotando o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). A cultivar utilizada foi a NS 6909 IPRO de soja, as sementes foram tratadas de acordo com a tabela 1:

TABELA 1: Tratamento das sementes de soja com doses variadas de *Azospirillum brasiliense* e dose recomendada pelo produto comercial de *Bradyrhizobium japonicum*. Patos de Minas-MG.

Tratamentos	Dose de *Bradyrhizobium japonicum* (ml.kg^{-1} de sementes)	Doses de *Azospirillum brasiliense* (ml.kg^{-1} de sementes)
T_1	3	0
T_2	3	2
T_3	3	4
T_4	3	6
T_5	3	8

Foram cultivadas 10 sementes em 4 vasos de 5 litros contendo areia, sendo irrigadas diariamente com a quantidade de água exigida pela cultura. Quando as plantas chegaram ao estádio V2, foi realizado o desbaste, mantendo quatro plantas por vaso, sendo elas nutridas com solução nutritiva, segundo metodologia descrita por Johnson *et al*. (1957), em intervalos de 4 dias. No início do estádio R1, as plantas foram retiradas para as seguintes avaliações:

- Altura de parte aérea (cm), determinada a partir da superfície do solo ao meristema apical da planta, com uma fita métrica.
- Comprimento da raiz (cm), determinada do colo da planta ao fim da raiz principal.

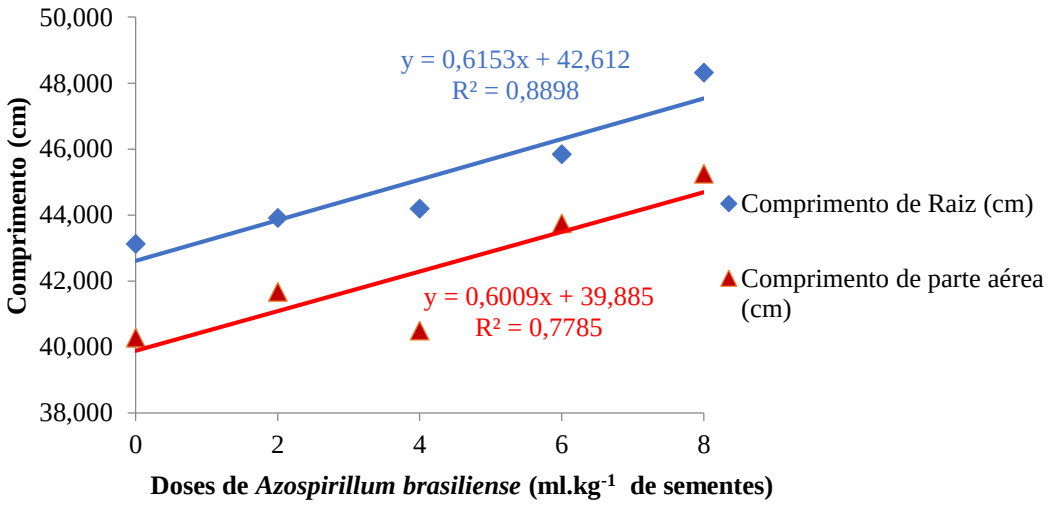
- Contagem de nódulos no sistema radicular, utilizando a média após três contagens em cada raiz.
- Peso de massa seca (M.S.) da parte aérea, e da raiz (g), deixando o material secar em estufa elétrica por 72 horas, pesando assim em balança de precisão.

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANAVA), aplicando-se o teste F, com nível de 5% de probabilidade estatística, e quando significativo, aplicado à Análise de Regressão, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento radicular e de parte área, juntamente com seu peso, mostraram-se significativos a 5% de probabilidade estatística pela análise de variância (ANAVA). Aplicando-se a análise de regressão, observou-se comportamento linear com pontos de máxima e de mínima nos dados supracitados, conforme apresentado nas figuras 1 e 2.

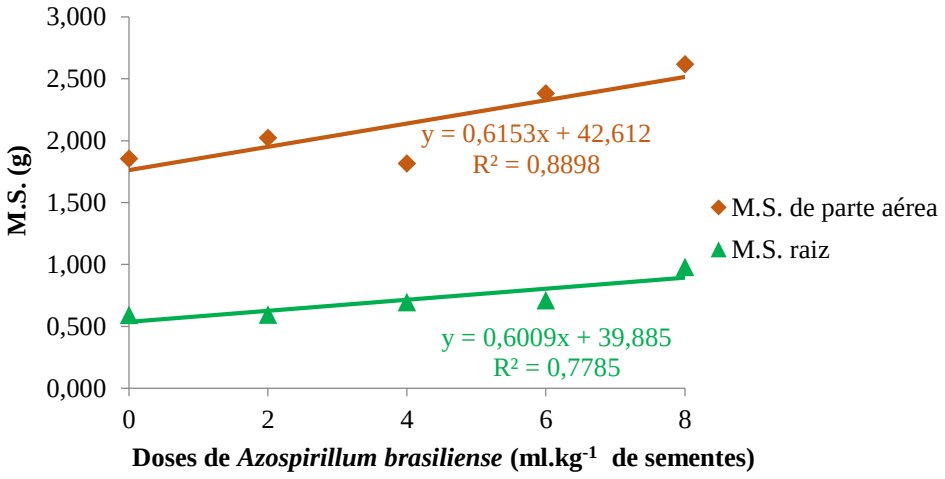
FIGURA 1. Crescimento de parte aérea da soja e sistema radicular da soja, cultivar NS6909IPRO, submetida a diferentes dosagens de *Azospirillum brasiliense* coinoculado com dose recomendada de *Bradyrhizobium japonicum*.



De acordo com a figura 1, os comprimentos de parte aérea e do sistema radicular das plantas obtiveram melhor resultado no tratamento 5, onde as sementes foram tratadas com 3 ml.kg^{-1} de *Bradyrhizobium japonicum* e 8 ml.kg^{-1} de *Azospirillum brasiliense*. Segundo Mariangela Hungria (2011), pesquisadora da EMBRAPA

SOJA, muitos estudos têm demonstrado que o *Azospirillum* é capaz de produzir fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes e da parte aérea de diversas espécies de plantas, sendo muitas delas com grande relevância agronômica e ecológica. Tien *et al.* (1979), por exemplo, verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento morfológico da planta liberados pelo *Azospirillum brasilense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas. Diante disso, podemos verificar que a soja responde positivamente à coinoculação dessa bactéria quanto ao seu crescimento morfológico de parte aérea e sistema radicular.

FIGURA 2. Massa Seca (M.S.) da parte aérea e do sistema radicular da soja, cultivar NS6909IPRO, submetida a diferentes dosagens de *Azospirillum brasiliense* coinoculado com dose recomendada de *Bradyrhizobium japonicum*



De acordo com a figura 2, a massa seca (M.S.) do sistema radicular e da parte aérea das plantas obteve melhor resultado no tratamento 5, onde as sementes foram tratadas com 3 ml.kg^{-1} de *Bradyrhizobium japonicum* e 8 ml.kg^{-1} de *Azospirillum brasiliense*. Segundo estudo realizado por Costa *et al.* (2014), a soja, quando coinoculada com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum,* apresentou incremento na M.S. das plantas, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular. Gitti (2015) efetuou diversos estudos em diferentes cidades para inoculação e coinoculação da soja com os mesmos gêneros de bactérias do presente estudo, e destacou que se observou um aumento da M.S. das raízes e da parte aérea das plantas coinoculadas quando comparadas ao controle e outros tratamentos no experimento realizado em Maracaju-MS, porém, em alguns experimentos realizados em outras cidades, houve um estresse hídrico de 21 dias, o que, segundo o autor, pode ter afetado o resultado final dos experimentos que não obtiveram diferença estatística entre os tratamentos utilizados.

Ainda de acordo com Mariangela Hungria (2011), as plantas de soja, uma

vez que respondem positivamente a essas bactérias, podem agregar reserva vegetal e de energia em seus caules e raízes, devido ao aumento de crescimento de ambas as partes provenientes da maior taxa de fitohormônios. Em virtude do que foi mencionado, podemos observar um acréscimo do desenvolvimento vegetal da soja quando submetida a doses crescentes de *Azospirillum brasiliense*, quando coinoculado com *Bradyrhizobium japonicum*. Existem vários estudos e trabalhos quanto a essa associação de bactérias e seus benefícios para as plantas, porém, ainda não se tem uma dose recomendada para o tratamento de sementes de soja com *Azospirillum brasiliense*, fazendo-se necessários mais estudos e comparações quanto a dose, viabilidade econômica, acréscimo de produtividade e influências sobre o desenvolvimento da planta.

É importante ainda ressaltar que neste trabalho não houve acréscimo significante na nodulação, o que pode ser encontrado em outros experimentos realizados por Costa *et al.* (2014) e Gitti (2015), em cujos trabalhos esse acréscimo é estatisticamente significante.

Alguns autores, como Hungria *et al.* (2013) e Gitti (2015), em trabalhos com a mesma linha de pesquisa, relataram um acréscimo significante na produção por hectare.

4. CONCLUSÃO

A cultivar de soja NS6909IPRO apresentou repostas em seu crescimento e desenvolvimento vegetal quando submetida a coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense*, tendo seu melhor resultado estatístico quando a dosagem foi de 3 $ml.kg^{-1}$ e 8 $ml.kg^{-1}$, respectivamente, e podendo ser uma tecnologia promissora na produção de sementes e grãos de soja.

REFERÊNCIAS

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Safra 2017/2018, Brasília, v. 5, n. 12, p. 1-148, set. 2018.

COSTA, Elaine Martins da et al. Resposta da soja a inoculação e co-inoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. *Enciclopédia Biosfera*: Centro Científico Conhecer, Goiânia, 10(19): 1678-1689, 2014.

EMBRAPA SOJA (Londrina). *Soja em números (safra 2017/2018).* 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 20 out. 2018.

FERREIRA, D. F. *Sistema de análises de variância para dados balanceados*. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

GITTI, Douglas de Castilho. *Inoculação e coinoculação na cultura da soja*. Tecnologia e Produção: Soja 2014/2015, Maracaju, p. 15-28, jan. 2015. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/tecnologia-producao-soja-2014-2015>. Acesso em: 13 fev. 2018.

HUNGRIA, Mariangela. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. *Embrapa Soja*, 1(21): 1-38, 2011. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2018.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. *Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja.* Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

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*, 331(2010): 413-425.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo, in: *Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil*, 33, 2013, Londrina.

JOHNSON, C.M. *et al.* Comparative chlorine requirements of different plant species. *Plant Soil*, 8 (1957):337-353.

SILVA, A. C.; LIMA, É. P. C.; BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação, in: *Encontro de Economia Catarinense*, 5. 2011, Florianópolis, Santa Catarina. 2011.

TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). *Applied and Environmental Microbiology*, 37(1979): 1016-1024.

Revista Perquirere • 15(3):261-264, set./dez. 2018
© Centro Universitário de Patos de Minas. http://perquirere.unipam.edu.br

Avaliação de armadilhas para a captura da broca-do-café (*Hypothenemus hampei)*

Evaluation of different traps for the capture of Hypothenemus hampei

Isadora Cristina de Oliveira Assis
Graduanda do curso de Agronomia (UNIPAM). e-mail: isadoracoassis@gmail.com

Walter Vieira da Cunha
Doutor em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia.
Professor do curso de Agronomia (UNIPAM). e-mail: walter@unipam.edu.br

---

RESUMO: A produção de café tem papel fundamental no mundo, tanto na economia dos seus países produtores quanto na subsistência deles. No entanto, a produção do grão pode ser afetada por diferentes fatores, inclusive pragas. A *Hypothenemus hampei* é umas das principais pragas da cultura do café, a qual danifica diretamente os frutos. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar e comparar a eficiência de três tipos de armadilhas, com o propósito de capturar a broca-do-café *(Hypotheneus hampei)* e realizar seu monitoramento de forma produtiva. O trabalho foi conduzido na propriedade comercial denominada fazenda Juá, juntamente com o laboratório de Genética e Biotecnologia do UNIPAM. Nas avaliações, observou-se que há diferença no efeito das armadilhas na captura da broca do café.
PALAVRAS-CHAVE: *Hypothenemus hampei*, armadilhas, captura.

ABSTRACT: Coffee production plays a fundamental role in the world, both in the economies of their producing countries and in their subsistence. However, grain production can be affected by different factors, including pests. *Hypothenemus hampei* is one of the main pests of coffee culture, which directly damages the fruits. The objective of this work was to evaluate and compare the efficiency of three types of traps, with the purpose of capturing the coffee borer (*Hypotheneus hampei*) and performing its monitoring in a productive way. The work was conducted in the commercial property, denominated farm Juá, together with the laboratory of Genetics and Biotechnology of UNIPAM. In the evaluations, it was observed that there is difference in the effect of the traps in the capture of the coffee borer.
KEYWORDS: *Hypothenemus hampei*, traps, catch.

---

1. INTRODUÇÃO

O café conquistou vários países ao redor do mundo, e não apenas as pessoas que possuem o hábito de tomá-lo. Esse grão também é essencial para a economia mundial, pois sua produção mundial aproxima-se de nove milhões de toneladas de grãos (CECAFE-2017). Neste cenário, os maiores centros cafeeiros estão localizados na América do Sul e na América Central. Entretanto, são mais de 10 milhões de hectares plantados em 50 países pelo mundo. No Brasil, na safra de 2017/2018, a produção deste grão girou em torno de 59,9 milhões de sacas. A área total, em formação e em produção, foi presumida em 2.156,5 mil hectares. Responsável pela produção de mais da metade de toda a safra brasileira, Minas Gerais estimou sua produção em 31,8 milhões de sacas de café na safra 2017/2018 (CONAB-2018).

A *Hypothenemus hampei* é um pequeno besouro que ataca os frutos em todos os seus estádios, dos verdes aos secos. Essa praga é importante, pois danifica diretamente o fruto, prejudicando a sua qualidade e causando enormes prejuízos na safra (MATIELLO *et al*, 2002).

O controle da broca-do-café tem sido um desafio para os cafeicultores, considerando que gradativamente as formas de controle, especialmente o controle químico, vêm apresentando ineficiência.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial da utilização de armadilhas como forma de monitoramento no manejo integrado da *H. hampei.*

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no município de Patos de Minas (MG), na propriedade comercial dominada Fazenda Juá, localizada aproximadamente a 18°34'05.9"S e 46°27'41.7"W. Na região predomina o clima tropical com temperatura média 21° C. Cada tratamento foi avaliado de 15 em 15 dias, durante seis meses. A cada avaliação foram realizadas a contagem dos insetos capturados e a troca da solução de água e detergente. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBC), com três tratamentos e dez repetições.

Os tratamentos analisados foram três tipos de armadilhas para a captura da broca-do-café. As armadilhas foram implantadas a oito metros distanciados da borda e foram confeccionadas com garrafas, pintadas da cor vermelha, de 2 litros de mesmo modelo e formato. Na parte superior da armadilha, foi instalado um recipiente contendo atrativo que foi utilizado em todos os modelos. Esse atrativo foi preparado em soluções de 500 mL de metanol comercial, 500 mL de álcool de cozinha e 10 g de café puro torrado e moído, colocando em cada frasco difusor 10 ml da mistura.

A armadilha modelo um, identificada como T_1, dispunha de uma abertura retangular no centro da garrafa, modelo IAPAR. A armadilha modelo dois, diferenciada T_2, tinha vários cortes transversais ao longo do vertical da garrafa, medindo

em cerca três cm de largura cada corte. A armadilha modelo três, apontada como T_3, apresentava vários furos pequenos por toda extensão da garrafa medindo cerca de três mm.

Após a coleta do material em campo, foram feitas as identificações e contagens das brocas, realizadas no laboratório de Genética e Biotecnologia do UNIPAM.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as análises estatísticas dos dados coletados em campo, observou-se que o número de insetos capturados nas armadilhas T_2, a qual apresenta múltiplos cortes transversais tendo 3 cm cada corte, utilizadas no experimento, obteve diferença significativa em comparação às outras, conforme se observa na tabela 1.

Uma hipótese para explicar este resultado é o fato de essa armadilha apresentar cortes verticais em seu modelo, o que pode facilitar a entrada da broca e dificultar sua saída. Além disso, as pesquisas já realizadas mostram que as armadilhas com coloração vermelha são as mais eficientes, como as utilizadas nesse experimento.

As armadilhas com abertura retangular e as armadilhas que dispunham de diversos furos à volta foram iguais estatisticamente.

TABELA 1. Média do número de brocas, coletadas em tipo de armadilha

Tratam.	*Médias*		
T2 (armadilha modelo dois)	6, 314	***a***	
T1 (modelo IAPAR)	3, 557		***B***
T3 (armadilha modelo três)	2,562		***B***

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%.*n.s. : Não significativo pelo teste F a 5%.

As pesquisas para avaliar a eficiência de armadilhas na captura da broca são de suma importância, devido à necessidade de se descobrir novas técnicas de manejo para esta praga que causa prejuízos significativos à cultura do café. As armadilhas são uma alternativa simples e eficiente que podem ser utilizadas no manejo integrado da broca-do-café, incluindo o monitoramento. Rodrigues (2003) afirmou que as armadilhas com atraentes já são utilizadas há um bom tempo, mas apesar de vários anos de abandono, o uso delas volta a ser desenvolvido e estudado, como método de identificação, de monitoramento e como alternativa de manejo integrado de pragas.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que a armadilha T_2, com aberturas transversais ao longo da garrafa, foi mais eficiente em relação às outras armadilhas.

REFERÊNCIAS

CECAFE (CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL). *Produção total dos países exportadores*. Disponível em www.cecafe.com.br/dados-estatisticos/producao-mundial/. Acesso em: 8 março de 2017.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). *Acompanhamento da safra brasileira do café 2016.* Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_26_51_boletim_cafe_portugues_-_4o_lev_-_dez.pdf>. Acesso em: 08 março de 2017.

MATIELLO, J. B. *et al. Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações*. Varginha: Fundação Procafé, 2002.

RODRIGUES, P. L. S. *Controle Alternativo da Broca do Café.* Emater: Ivaiporã, 2003. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Premio_Extensao_Rural/2_Premio_ER/12_Contr__Alte_Broca_Cafe.pdf> Acesso em: 07 de março de 2018.