



ISSN 1806-6399

Perquirere

Revista do Centro Universitário de Patos de Minas

VOL. 14, N. 2, MAIO/AGO. 2017

SUMÁRIO

Medicina Veterinária

Estudo retrospectivo dos casos clínicos atendidos no serviço de clínica médica de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas.....01

Gabriella Mendonça Alves
Thaísa Reis dos Santos

Estudo comparativo entre os testes CCS, CMT e microbiológico para o diagnóstico de mastite subclínica.....12

Maicon Lucas Souza Alves
Walter Vieira Cunha
Maria Rejane Borges Araújo

Frequência de neoplasias cutâneas diagnosticadas por exame histopatológico em cães e gatos atendidos em clínicas veterinárias no município de Patos de Minas, MG.....19

Talita Cristina Modesto
Eneida Cesar Mastrantonio

Avaliação da dieta total para vacas leiteiras com ênfase na homogeneidade da mistura.....29

Daniel Peres de Oliveira
Hélio Henrique Vilela
Daiane Maria Oliveira

Avaliação microbiológica da sala cirúrgica de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário (CCV) do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.....43

Ygor Henrique de Paula
Henrique Inhauser R. Magalhães
Juliana Borges Pereira

Engenharias, Computação e Ciências da Terra

Análise da implantação da NBR ISO 14.001 no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).....59

Jaqueline Luisa Silva
Juan Pablo Silva Moreira
Tiago Santos e Souza

Caracterização de solos do município de São Gonçalo do Abaeté-MG, para utilização em camadas de composição do pavimento rodoviário.....76

Brenda Virgínia Braga Borba
Stela Morais Menezes Santos
Nancy Tiemi Isewaki

A problematização do manejo de águas pluviais em meio urbano e a solução por meio da implantação de paisagens multifuncionais.....92

Ana Luiza Rocha de Souza
Matheus Galvão Cardoso
Abel da Silva Cruvinel

Benefícios sociais e ambientais na utilização de pneus inservíveis em estruturas de contenção no município de Patos de Minas – MG.....107

Márcio Fernando Oliveira
Sandra Lúcia Nogueira

Implementação de uma infraestrutura de rede abordando vlans, utilizando pfsense como firewall e roteador.....124

Paulo Jacinto Rosa Severino
Fabrício Geraldo Araújo

Sistema de avaliação baseado em técnicas de aprendizado de máquina.....135

Lorraine Nayara Porto Siqueira
José dos Reis Mota

Adaptação do método de dosagem da ABCP/ACI à região do Alto Paranaíba – MG.....147

Wesley de Sousa Araujo
Sheilla Pereira Vieira

Viabilidade da construção de faixas adicionais em aclives no trecho da MGC-354 de Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG.....161

Igor Alexandre Machado Caixeta
Diego Henrique da Mota

Utilização de coco in natura e modificado quimicamente como adsorvente alternativo para tratamento de efluente têxtil.....178

Natália Carolina de Araújo
Gustavo H. Gonçalves Scarponi
Dayene do Carmo Carvalho

Estudo da adsorção do corante azul de metileno utilizando a casca do tamarindo como biossorvente.....194

Júnia Ariane Duarte Barroso
Renata Nepomuceno da Cunha

Tratamento de efluente de xampus com aplicação de sementes do maracujá (Passiflora edulis) como biomaterial e sulfato de alumínio.....207

Eva Joscelina dos Santos

Jorge Luis da Mota dos Santos

Dayene do Carmo Carvalho

Elizete Moreira

Monitoramento da broca-do-café (Hypothenemus hampei) com o uso de diferentes armadilhas contendo semioquímicos.....221

André Luís Caixeta de Oliveira

Walter Vieira da Cunha

Uso da energia fotovoltaica em detrimento da hidroeletricidade em edificações residenciais no estado de Minas Gerais: viabilidade econômica.....227

Rodrigo Araujo Moraes

Fábio de Brito Gontijo

Estudo retrospectivo dos casos clínicos atendidos no serviço de clínica médica de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário do UNIPAM

*Retrospective study of clinical cases attended in the service of the small animals medical clinic
at the Veterinary Clinic Center of UNIPAM*

Gabriella Mendonça Alves

Graduanda do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM). e-mail: gabi_sg_@hotmail.com

Thaís Reis dos Santos

Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: thaisars@unipam.edu.br

Resumo: O estudo da população animal de uma região constitui um recurso essencial para o conhecimento das características marcantes das espécies estudadas e da distribuição das doenças, auxiliando o profissional no planejamento, na prevenção e no tratamento adequado dos pacientes. O presente estudo teve como objetivo determinar a prevalência das enfermidades registradas na rotina clínica de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas. No período de março de 2015 a junho de 2016, foram atendidos 565 pacientes, sendo 518 (92%) da espécie canina e 47 (8%) da espécie felina. Entre os caninos, a média de idade dos pacientes foi 5,56 anos e entre os felinos 2,55 anos. A maior casuística de atendimentos observada foi: 16,6% afecções oncológicas (127/762), 14,9%, digestivas (114/762) e 12,2%, dermatológicas (93/762). Nos pacientes caninos, as afecções oncológicas foram as mais prevalentes (17,6%; 125/709) e, entre os felinos, as afecções genito-urinárias (22,6%; 12/53).

Palavras-chave: Animais de companhia. Casuística. Diagnóstico.

Abstract: The study of the animal population of a region constitutes an essential resource for the knowledge of the marked characteristics of the species studied and the distribution of the diseases, helping the professional in the planning, prevention and treatment of patients. The present study aimed to determine the prevalence of diseases recorded in the clinical routine of small animals of the Clinical Veterinary Center at the Centro Universitário de Patos de Minas. From March 2015 to June 2016, 565 patients were cared for, being 518 (92%) of the canine species and 47 (8%) of the feline species. Among the canines, the average age of the patients was 5.56 years old and among the cats 2.55 years old. The highest number of visits observed was: 16.6% oncological diseases (127/762), 14.9% in the digestive tract (114 / 762) and 12.2% dermatological diseases (93/762). Among the canine patients, oncological diseases were the most prevalent (17.6%, 125/709) and among feline, the genito-urinary disorders (22.6%; / 53).

Keywords: Pets. Casuistry. Diagnosis.

1. Introdução

A sociedade moderna tem intensificado cada vez mais o vínculo humano-animal, tendo em vista o benefício mútuo que essa relação proporciona. O valor afetivo dos animais decorre não só do caráter de companhia, mas também do estímulo ao desenvolvimento social, propiciando interações emocionais, psicológicas e físicas entre as pessoas, os animais e o ambiente (AVMA, 2016; PIRES *et al.*, 2009).

Alguns dos fatores que estimulam a presença dos animais de estimação nos lares são: o prolongamento na expectativa de vida da população, o aumento da quantidade de pessoas morando sozinhas e o adiamento do plano de ter filhos (GARCIA, 2005). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) demonstram que 44,3% dos domicílios possuem pelo menos um cachorro e 17,7% possuem pelo menos um gato.

Sendo assim, é inevitável que se encontrem deficiências no manejo e no controle sanitário dos animais, o que pode oferecer riscos à saúde humana e ambiental, visto que estes podem atuar como disseminadores ou reservatórios de doenças (BORTULUCCI *et al.*, 2014). O diagnóstico correto e o tratamento eficaz podem minimizar essa possibilidade, aumentando, conseqüentemente, a procura dos tutores dos animais por centros clínicos e hospitais veterinários.

O estudo de Xavier (2012) demonstra que a maior casuística de atendimentos está relacionada às especialidades dermatológicas (19%), digestórias (18%) e infecciosas (15%). Oquendo e Naranjo (2014) relataram que o principal sistema afetado nos cães e gatos é o tegumentar, correspondendo a 29,9% e 19,6% dos atendimentos, respectivamente; seguido pelo sistema digestório na espécie canina (18,0%) e pelo sistema urogenital na espécie felina (18,5%).

Diante desses fatos, os profissionais estão sempre à procura de dispositivos e subsídios que enriqueçam sua prática (FARACO, 2008) e potencializem a integração da experiência clínica com a análise crítica e a aplicação adequada da informação científica (LOPES, 2000). Nesse contexto, o estudo da população animal de uma região constitui um recurso essencial para o conhecimento das características marcantes das espécies estudadas e da distribuição das doenças (MORENO; FREDERICO; BRACARENSE, 2007), auxiliando o profissional no planejamento, na prevenção e no tratamento adequado dos pacientes.

O presente estudo tem como objetivo determinar a prevalência das enfermidades registradas na rotina clínica de pequenos animais, no período de março de 2015 a junho de 2016, no Centro Clínico Veterinário do Centro Universitário de Patos de Minas (CCV-UNIPAM), situado no município de Patos de Minas, Minas Gerais, Brasil.

2. Metodologia

Foram analisadas as fichas clínicas dos pacientes atendidos na rotina clínica de pequenos animais do CCV-UNIPAM, no período de março de 2015 a junho de 2016. Todos os dados dos animais referentes ao nome, à espécie, à raça, à idade, ao sexo, ao

motivo da consulta e ao diagnóstico foram tabelados e, posteriormente, submetidos à análise estatística.

As informações referentes ao diagnóstico dos pacientes foram agrupadas de acordo com o sistema acometido em afecções cardíacas, afecções dermatológicas, afecções digestivas, afecções musculoesqueléticas, afecções neurológicas, afecções oftalmológicas, afecções oncológicas, afecções respiratórias, afecções genito-urinárias, afecções infecciosas, afecções endócrino-metabólicas, intervenções cirúrgicas eletivas e paratopias (CRUZ-PINTO *et al.*, 2015).

Os animais, em cada espécie, foram agrupados de acordo com a idade em seis grupos: Grupo 1: menor que um ano; Grupo 2: um a três anos; Grupo 3: quatro a seis anos; Grupo 4: sete a nove anos; Grupo 5: maior que 10 anos; Grupo 6: sem registro da idade do animal, mas com as fichas clínicas analisadas. Essa divisão de grupos foi embasada e adaptada da pesquisa de Santana *et al.* (2014).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva, por meio do programa estatístico Excel (2013), e os dados analisados foram apresentados em média, desvio padrão, frequência absoluta (n) e relativa (%). Este trabalho foi submetido à Comissão de Ética no uso de Animais (CEUA) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e aprovado para execução, sob o número de protocolo 11/16.

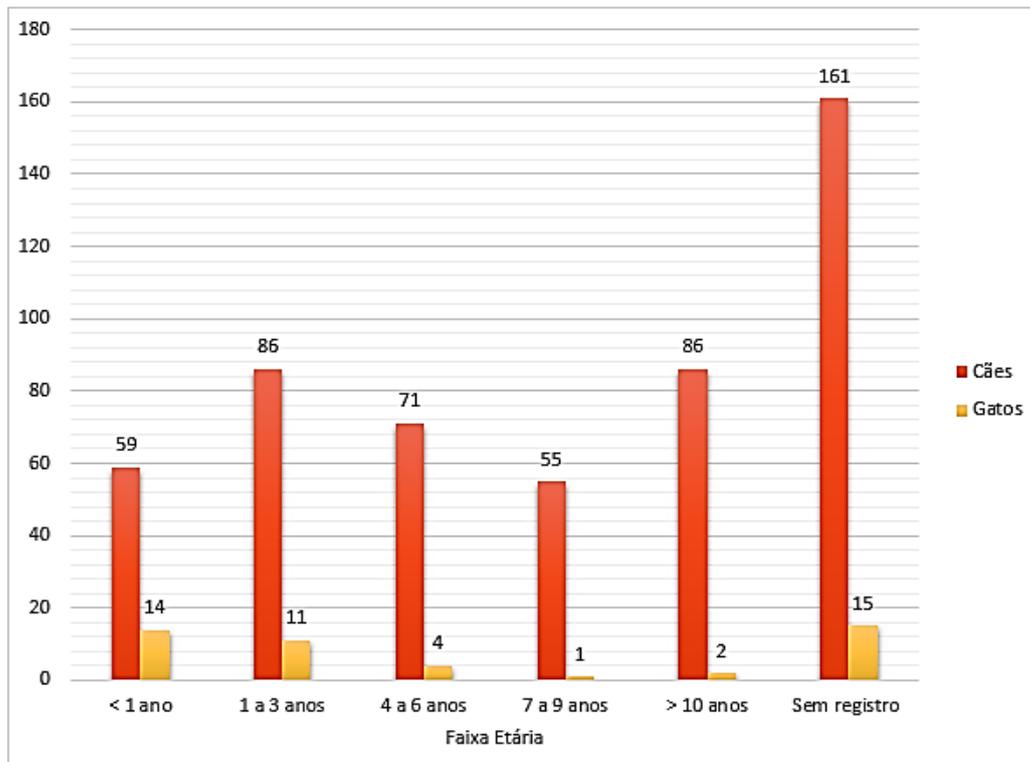
3. Resultados e discussão

No período de março de 2015 a junho de 2016, foram atendidos, na rotina clínica de pequenos animais do CCV-UNIPAM, 565 pacientes, sendo 518 (92%) da espécie canina e 47 (8%) da espécie felina. No estudo de Bortolutti *et al.* (2014), 76,2% dos animais eram cães e 13,1% eram gatos. Estimativas do IBGE (2015) demonstram que 39% (52,2 milhões) dos animais de estimação do Brasil são da espécie canina e 17% (22,1 milhões) da espécie felina, estes correlacionados às aves, aos peixes e à categoria “outros”.

De acordo com Lima *et al.* (2010), as pessoas criam cães por questões afetivas e/ou visando a proteção do domicílio. Em relação ao sexo, entre os cães, 195 eram machos (38%) e 323 eram fêmeas (62%). Já entre os felinos, 25 eram machos (53%) e 22 eram fêmeas (47%). Esses dados corroboram a pesquisa de Xavier (2012), que relatou maior casuística de atendimentos à espécie canina, compreendendo 84% dos casos, sendo que, nessa espécie, a maior frequência de atendimentos foi em fêmeas (59%). No entanto, na espécie felina, a maioria dos atendimentos foi em machos (54%).

A idade média dos cães foi 5,56 anos (desvio padrão 4,35) e, entre os felinos, 2,55 anos (desvio padrão 3,29) (Gráfico 1). A idade média dos pacientes analisados no estudo de Oquendo e Naranjo (2014) foi de 4,38 anos nos cães e 2,99 anos nos gatos. Neste estudo, grande parte das fichas não apresentou registro de idade, que é uma variável importante por ser mais estreitamente relacionada ao risco e à gravidade de enfermidades. Dessa forma, a ausência dessa variável nos registros do paciente prejudica a avaliação de seu perfil epidemiológico, bem como a caracterização de uma determinada população animal (SANTOS, 2006).

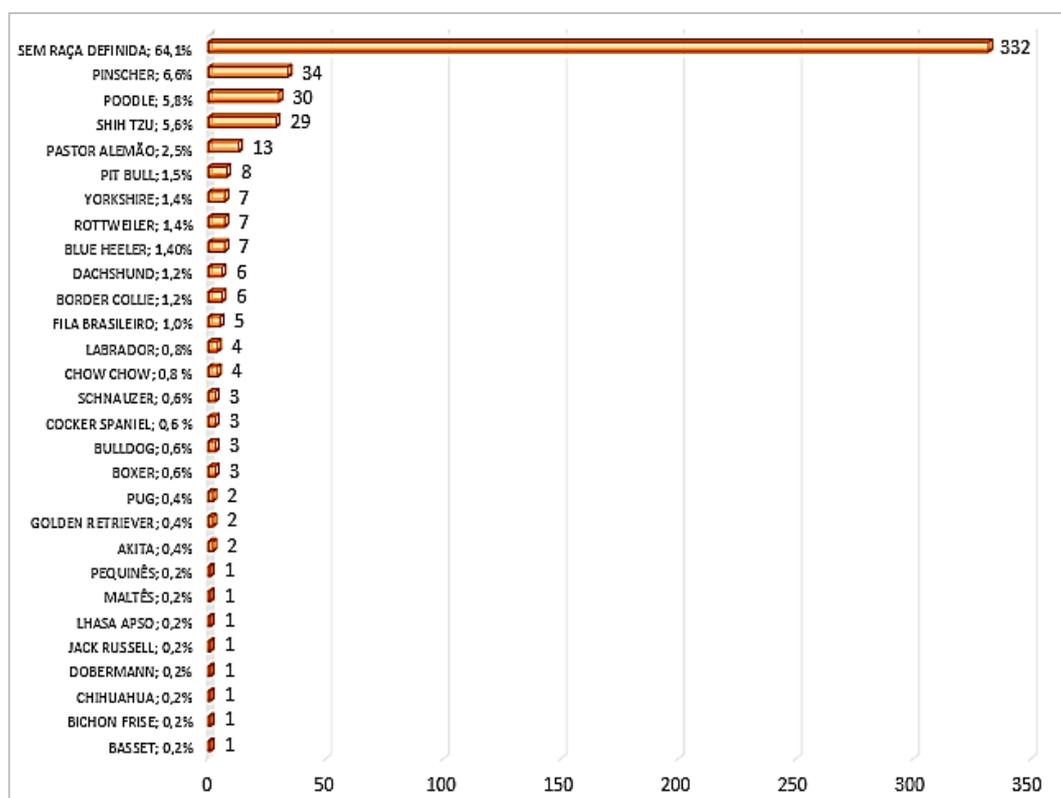
Gráfico 1. Faixa etária dos animais atendidos no serviço de clínica médica de pequenos animais do CCV-UNIPAM, no período de março de 2015 a junho de 2016



Quanto às raças, 64,1% (332/518) dos cães eram sem raça definida (SRD), 6,6% (34/518) eram Pinscher, 5,8% (30/518) Poodle, 5,6% (29/518) Shih tzu, 2,5% (13/518) Pastor alemão e 15,4% (80/518) correspondentes às demais raças (Gráfico 2). O atendimento de felinos sem raça definida também foi predominante, correspondendo a 87% (41/47), seguido das raças Siamês (7%; 3/47), Persa (4%; 2/47) e Angorá (2%; 1/47). Grande parte dos atendimentos clínicos realizados no CCV-UNIPAM é proveniente de cães e gatos acolhidos por voluntários vinculados a Organizações não governamentais (ONGs) de proteção aos animais.

Geralmente, esses animais eram de vida errante e são SRD, o que, conseqüentemente, amplia a casuística do centro clínico em torno dessa categoria. Na pesquisa de Fernandes *et al.* (2015), realizada no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), trinta raças caninas foram descritas, contudo, os cães sem raça definida foram mais frequentes (25,41%). Vários outros estudos relataram que os animais SRD compõem a maior parte dos pacientes de um hospital veterinário (VARALLO *et al.*, 2014; ARAUJO, 2006; HESSE *et al.*, 2015).

Gráfico 2. Raças dos cães atendidos no serviço de clínica médica de pequenos animais do CCV-UNIPAM, no período de março de 2015 a junho de 2016



Foram registradas 762 afecções, entre essas, 75 intervenções cirúrgicas eletivas, denotando que os animais atendidos podem ter apresentado mais de uma enfermidade. As afecções estão representadas na tabela 1 conforme o sistema afetado. A maior casuística de atendimentos observada foi: 16,6% afecções oncológicas (127/762), 14,9%, digestivas (114/762) e 12,2%, dermatológicas (93/762).

Tabela 1. Diagnósticos registrados nos atendimentos do serviço de clínica médica de pequenos animais do CCV-UNIPAM, no período de março de 2015 a junho de 2016

AFECÇÕES	ESPÉCIE	FÊMEAS	MACHOS	TOTAL N (%)
		N (%)	N (%)	Canino + Felinos
Afecções Cardíacas	Canino	27 (6,01%)	10 (3,84%)	37 (4,85%)
	Felino	0	0	
Afecções Dermatológicas	Canino	51 (11,3%)	34 (13%)	93 (12,2%)
	Felino	3 (13,6%)	5 (16,1%)	
Afecções Digestivas	Canino	72 (16%)	40 (15,3%)	114 (14,9%)
	Felino	2 (9%)	0	
Afecções Músculo-esqueléticas	Canino	38 (8,46%)	36 (13,8%)	82 (10,7%)
	Felino	3 (13,6%)	5 (16,1%)	

Afecções Neurológicas	Canino	2 (0,4%)	2 (0,76%)	4 (0,5%)
	Felino	0	0	
Afecções Oftálmicas	Canino	20 (4,45%)	20 (7,69%)	42 (5,51%)
	Felino	1 (4,54%)	1 (3,22%)	
Afecções Oncológicas	Canino	102 (22,7%)	23 (8,84%)	127 (16,6%)
	Felino	2 (9%)	0	
Afecções Respiratórias	Canino	13 (2,89%)	10 (3,84%)	27 (3,54%)
	Felino	3 (13,6%)	1 (3,22%)	
Afecções Genito-urinárias	Canino	44 (9,7%)	23 (8,84%)	79 (10,3%)
	Felino	1 (4,54%)	11 (35,48%)	
Afecções Infecciosas	Canino	29 (6,45%)	29 (11,1%)	62 (8,13%)
	Felino	1 (4,54%)	3 (9,67%)	
Afecções Endócrino-metabólicas	Canino	1 (0,2%)	2 (0,76%)	3 (0,39%)
	Felino	0	0	
Paratopias	Canino	12 (2,67%)	4 (1,5%)	17 (2,23%)
	Felino	1 (4,54%)	0	
Intervenções Cirúrgicas Eletivas	Canino	38 (8,4%)	27 (10,3%)	75 (9,84%)
	Felino	5 (22,7%)	5 (16,1%)	
TOTAL	Canino	449	260	762
	Felino	22	31	53

A pesquisa de Bortolucci *et al.* (2014) compilou um levantamento epidemiológico retrospectivo do número de pequenos animais atendidos no Hospital Veterinário da Universidade Estadual de Maringá (HV-UEM). Nas fichas analisadas, foram registrados 884 diagnósticos clínicos, sendo os de maior ocorrência: fraturas, traumas e luxações (15,8%), tumores (13%), doenças de pele (12,6%), doenças infectocontagiosas (11,2%), afecções do sistema reprodutivo (10,2%) e afecções do sistema gastrointestinal (10,2%).

Rosa Junior *et al.* (2012) registraram os atendimentos clínicos de animais provenientes de famílias carentes de Pelotas/RS, e os principais diagnósticos corresponderam às enfermidades tegumentares (35,02%), seguidos das digestórias (21,5%), reprodutivas (8,20%), respiratórias (6,47%), transmissíveis (4,97%), musculoesqueléticas (4,5%) e oncológicas (3,35%).

Santos (2006) avaliou o perfil epidemiológico da população canina que foi atendida no Serviço de Pronto Atendimento (SPA) do Centro de Controle de Zoonoses (CCZ) do Rio de Janeiro e constatou que 17,2% de afecções eram do aparelho digestivo, 11,9%, outras afecções (englobando infestações por carrapatos, infestações por pulgas, febre, anorexia, anemia e infestações simultânea por pulgas e carrapatos), 11,6% de afecções dermatológicas, 9,5% de rotina pediátrica, 7,1% de afecções do sistema nervoso, entre outras.

Em comparação ao presente estudo e às pesquisas citadas, notam-se diferentes resultados de acordo com as condições sócio-econômico-ambientais de cada região, ressaltando a importância do conhecimento da distribuição das principais patologias e

das características determinantes das espécies estudadas.

Entre os caninos, as afecções oncológicas foram as mais prevalentes (17,6%; 125/709), sendo que 81,6% (102/125) desses animais eram do sexo feminino. As fêmeas caninas com afecções neoplásicas representaram 22,7% (102/449). Esse fato se justifica uma vez que a neoplasia mamária foi a mais frequente nesses animais (56,8%; 71/125). A pesquisa de Cruz-Pinto *et al.* (2015) revelou maior ocorrência de neoplasias na espécie canina (94%). Andrade *et al.* (2012) demonstram, em seu estudo, que a frequência de neoplasias nas fêmeas foi de 39,9% e nos machos de 21,2%. No estudo de Xavier (2012), 41% das afecções oncológicas de cães e gatos foram diagnosticadas em glândula mamária. Segundo Ribas *et al.* (2012), tumores mamários são frequentemente diagnosticados na clínica de pequenos animais e são superados em quantidade somente pelos tumores de pele, discordando deste estudo.

Avanços na medicina veterinária, fatores nutricionais, como dietas balanceadas, maior regularidade nas vacinações, prevenindo doenças infectocontagiosas, têm contribuído para a maior longevidade dos animais, que é apontada como a principal causa do aumento na incidência de afecções neoplásicas em cães e gatos (RODASKI; PIEKARS, 2009). Nas pesquisas de Santos *et al.* (2013) e de Andrade *et al.* (2012), as neoplasias foram mais frequentes em animais idosos, de 10 anos de idade e maiores de nove anos de idade, respectivamente. No presente estudo, a alta prevalência de afecções neoplásicas pode estar relacionada ao acentuado atendimento a animais idosos (maiores de 10 anos de idade) (16%; 88/565).

Em relação aos felinos, as afecções genito-urinárias foram as mais prevalentes (22,6%; 12/53), e entre elas, 11 animais eram do sexo masculino (91,6%), sendo que a prevalência nos felinos machos foi de 35,48% (11/31). Na pesquisa de Xavier (2012), a maioria das afecções relacionadas ao sistema urinário foi diagnosticada em felinos machos, corroborando com este estudo. Um estudo retrospectivo de diagnósticos *post mortem* realizado no Setor de Patologia Animal da Universidade Federal do Piauí evidenciou que as afecções genito-urinárias foram responsáveis por 15,1% (13/86) dos óbitos em felinos (BATISTA *et al.*, 2016).

De acordo com Rosa e Quitzan (2011), as enfermidades do sistema urinário são frequentes e podem afetar, principalmente, os felinos do sexo masculino, castrados, com um a dez anos de idade, sedentários, domiciliados, alimentados com ração seca e ingerindo pouca água. Além disso, os felinos apresentam maior predisposição à formação de urólitos e às doenças do trato urinário em geral, o que pode estar associado a fatores nutricionais, hereditários e infecciosos (ISSAKOWICZ *et al.*, 2010).

As afecções do sistema digestivo corresponderam a 14,9% (114/762) de todos os atendimentos clínicos. Santos (2006), ao avaliar o perfil epidemiológico da população canina do CCZ (Rio de Janeiro), constatou que as enfermidades do aparelho digestivo foram as mais frequentes, representando 17,2% (1.533/8925) dos atendimentos. Existem algumas doenças frequentes na rotina clínica que ocasionam alterações gástricas e intestinais, tais como pancreatite, insuficiência renal, piometra, doenças virais, verminoses e presença de corpo estranho gástrico ou intestinal (SILVA *et al.*, 2013).

As afecções dermatológicas representaram 12,2% (93/762) dos atendimentos. Diferentemente, Cardoso *et al.* (2011) realizaram um estudo retrospectivo dos atendimentos dermatológicos em cães no Hospital Veterinário da Universidade Estadual do Nor-

te do Paraná e constataram que 31,38% dos animais atendidos apresentavam alguma dermatopatia. Eles afirmaram no estudo que a alta incidência de afecções dermatológicas pode estar relacionada à valorização dessa especialidade na medicina veterinária, o que, conseqüentemente, pode ter levado a um aumento nos diagnósticos.

Além disso, o excesso de cuidado dos tutores quanto à utilização de produtos de higiene e beleza em seus animais pode contribuir para o desenvolvimento das dermatopatias. No estudo de Oquendo e Naranjo (2014), realizado no Centro de Veterinária e Zootecnia da Universidade CES (Medellín, Colômbia), a partir da análise dos prontuários dos pacientes, foi constatado que o principal sistema afetado nas espécies canina e felina é o tegumentar.

Em relação às intervenções eletivas, foi observado que 100% (76/76) dos pacientes foram submetidos à castração. A alta casuística se deve aos projetos de castração do CCV-UNIPAM em parceria com o Centro de Controle de Zoonoses e com ONGs de Patos de Minas. A castração é importante, principalmente, para o controle populacional de caninos e felinos, levando à diminuição de animais errantes, da transmissão de zoonoses e de doenças sexualmente transmissíveis, além de diminuir a ocorrência de atropelamentos e acidentes de trânsito envolvendo animais.

Ressalta-se que estudos abordando as afecções frequentemente diagnosticadas na rotina clínica médica de pequenos animais são necessários, principalmente para que seja possível traçar o perfil desses pacientes em cada região, além de fornecer dados epidemiológicos que corroborarão para a adoção de medidas terapêuticas e profiláticas a esses pacientes.

4. Conclusão

Com os dados obtidos no presente estudo, é possível concluir que, no CCV-UNIPAM, os caninos foram mais frequentemente atendidos (92%; 518/565). Entre os caninos, a média de idade dos pacientes foi 5,56 anos e entre os felinos 2,55 anos. Nos pacientes caninos, as afecções oncológicas foram as mais prevalentes (17,6%; 125/709) e, entre os felinos, as afecções genito-urinárias (22,6%; 12/53).

Referências

American Veterinary Medical Association (AVMA). *Human-Animal Bond*, 2016. Disponível em < <https://www.avma.org/KB/Resources/Reference/human-animal-bond/Pages/Human-Animal-Bond-AVMA.aspx> > Acesso em: 20 fev. 2016.

ANDRADE, Rachel L.F.S. *et al.* Tumores de cães e gatos diagnosticados no semiárido da Paraíba. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(1):1037-1040, out. 2012.

ARAÚJO, J.V. Helmintoses intestinais em cães da microrregião de Viçosa, Minas Gerais. *Rev. Ceres*, v.53, p. 362-364, 2006.

BATISTA, Emanuelle Karine Frota *et al.* Estudo retrospectivo de diagnósticos post-mortem de cães e gatos necropsiados no Setor de Patologia Animal da Universidade Federal do Piauí, Brasil de 2009 a 2014. *Brazilian Journal Of Veterinary Research And Animal Science*, 53(1):12 abr. 2016.

BORTULUCCI, D. E. ; IANEGITZ, A. P.; BEN, A. L.; SANTANA, J. L. C.; WOSIACKI, S. R.; MUNHOZ, P. M. "Levantamento retrospectivo dos diagnósticos clínicos e procedimentos cirúrgicos relativos aos animais de pequeno porte no HV-UEM, período de 2011 e 2012". *Rev. Ciên. Vet. Saúde Públ.*, v. 1, supl. 1, p. 070, 2014.

CARDOSO, Mauro José Lahm *et al.* Dermatopatias em cães: revisão de 257 casos. *Archives Of Veterinary Science*, 1(2):66-74, 2011.

CRUZ-PINTO, Carlos Eduardo *et al.* Análise da casuística das afecções cirúrgicas observadas na Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais da FMVZ-USP no período de 1988 a 2007. *Brazilian Journal Of Veterinary Research And Animal Science*, [s.l.], 52(1):13 abr. 2015.

FARACO, C. B. *Interação humano-animal. Ciência veterinária nos trópicos*. Recife: Editora Aurea Wischral, v. 11, nº supl. 1, p. 31-35, jan/abr 2008.

FERNANDES, Carla Cristiane *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*, Uberlândia, 31(2):541-548, abr. 2015.

GARCIA, Gabriela. No Brasil, zooterapia ainda é incipiente. *Viver Mente e Cérebro*, n.152, set. 2005. Reportagens. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/vivermente/reportagens/fazendo_amigos_imprimir.html>. Acesso em: 20 fev. 2016.

HESSE, Kivia L. *et al.* Neoplasmas oculares e de anexos em cães e gatos no Rio Grande do Sul: 265 casos (2009 -2014). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 35(1):49-54, jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2015). *Pesquisa Nacional de Saúde 2015*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

ISSAKOWICZ, José Carlos *et al.* Casuística dos atendimentos de felinos na Clínica Escola Veterinária (CEVET) da Unicentro no triênio 2006-2008. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, n. 14, p. 6, jan. 2010.

LIMA, Ana Maria Alves *et al.* Percepção sobre o conhecimento e profilaxia das zoonoses e posse responsável em pais de alunos do pré-escolar de escolas situadas na comunidade localizada no bairro de Dois Irmãos na cidade do Recife (PE). *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, p. 1457-1464, jun. 2010.

MORENO, K; FREDERICO, A.P; BRACARENSE, R.L. Estudo retrospectivo de linfoma canino no período de 1990 – 2004 na região do norte do Paraná. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 44, p. 46-52, 2007.

OQUENDO, Carolina Rios; NARANJO, Mauricio Cañas. *Análisis retrospectivo de los registros del Centro de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad CES 2009-2014*. 2014. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Ces, Medellín, 2014.

PIRES, B.C. *et al.* Importância dos animais na socialização e no aprendizado de alunos do ensino fundamental. *Em extensão*, 8(2):158-161, 2009.

RIBAS, Cristina Rauen et al. Alterações clínicas relevantes em cadelas com neoplasias mamárias estadiadas. *Archives of Veterinary Science*, 17(1):60-68, 2012.

RODASKI, S.; PIEKARS, C. H. Epidemiologia e etiologia do câncer, in: DALECK, C. R.; DE NARDI, A. B.; RODASKI, S. *Oncologia em cães e gatos*. São Paulo: Editora Roca, 2009, pp. 2-22.

ROSA JÚNIOR A. S. *et al.* Medicina veterinária na promoção da saúde humana e animal: ações em comunidades carentes como estratégias de enfrentamento da desigualdade social. *Revista Ciência em Extensão*. 8(3):278-283, 2012.

ROSA, Veruska Martins da; QUITZAN, Juliany Gomes. Avaliação retrospectiva das variáveis etiológicas e clínicas envolvidas na doença do trato urinário inferior dos felinos (DTUIF). *Iniciação Científica Cesumar*, 1(2):103-110, dez. 2011.

SANTANA, Jheniffer Larissa Custódio et al. Perfil sócio-epidemiológico dos animais de companhia atendidos pelo HV-UEM no período de 2011 e 2012 e sua importância como elemento de uma anamnese. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, v. 1, p. 73, 2014.

SANTOS, A. G. *Perfil Epidemiológico da População Canina Assistida pelo Serviço de Pronto Atendimento do Centro de Controle de Zoonoses Paulo Dacorso Filho, Rio de Janeiro-Brasil*. Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação em Ciências Veterinárias – UFRRJ. Rio de Janeiro, 2006.

SANTOS, I. F.C. *et al.* Prevalência de neoplasias diagnosticadas em cães no Hospital Veterinário da Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 65(3):773-782, 2013.

SILVA, Luciana Carandina da *et al.* Avaliação ultrassonográfica gástrica em pequenos animais. *Veterinária e Zootecnia*, 20(4):567-575, 2013.

VARALLO, G. R. *et al.* Estudo epidemiológico e achados laboratoriais de cães hipotireóides atendidos no Hospital Veterinário “Dr. Halim Atique” no período de janeiro de 2004 a fevereiro de 2010. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, v. 1, p. 15-21, 2014.

XAVIER, Daniela Goulart. *Casuística clínica e cirúrgica de uma clínica veterinária, na cidade de Camaquã/RS, durante o período de 2008 a 2011*. 2012. Monografia apresentada a Universidade Rural do Semi-árido – UFERSA, Departamento de Ciências Animais para obtenção do título de Especialização em Clínica Médica e Cirúrgica de Pequenos Animais. Porto Alegre-RS, p. 39, 2012.

Estudo comparativo entre os testes CCS, CMT e microbiológico para o diagnóstico de mastite subclínica

Comparative study among CCS, CMT and microbiological tests for the diagnosis of subclinical mastitis

Maicon Lucas Souza Alves

Graduando do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM). e-mail: maicon.lucas2011@hotmail.com

Walter Vieira Cunha

Doutor em Genética e Biotecnologia; Docente do curso de Agronomia (UNIPAM).
e-mail: walter@unipam.edu.br

Maria Rejane Borges Araújo

Especialista em Gestão Ambiental; Docente do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM).
e-mail: mariarejane@unipam.edu.br

Resumo: Mastite é uma enfermidade de caráter multifatorial e pluri-etiológica. De acordo com o mecanismo de transmissão, pode ser classificada em contagiosa e ambiental, e conforme a manifestação, é classificada como clínica e subclínica. Os métodos California Mastitis Test (CMT) e a contagem de células somáticas (CCS) são fundamentais para o diagnóstico da mastite subclínica. Esta pesquisa comparou métodos de detecção de mastite subclínica bovina CCS (Somaticell®), CMT e lactocultura em rebanho leiteiro no município de Carmo do Paranaíba-MG. Foram avaliados 64 animais dos quais 56,25% apresentaram mastite subclínica por microrganismos do gênero *Staphylococcus* sp e 53,125% apresentaram CCS acima do valor preconizado pela IN 62/2011. Com a utilização do Somaticell® e CMT foi possível verificar de forma rápida e objetiva os animais com probabilidade de infecção na glândula mamária, servindo como base para a instauração de métodos mais eficazes de higiene e profilaxia.

Palavras-chave: Lactocultura. Qualidade do leite. Saúde animal. Somaticell®.

Abstract: Mastitis is a multifactorial and pluri-etiological disease. According to the transmission mechanism, it may be ranked into contagious and environmental, and according to the manifestation, it is classified as clinical and subclinical. Methods such as California Mastitis Test (CMT) and somatic cell count (SCC) are essential for the diagnosis of subclinical mastitis. This study compared methods of bovine subclinical mastitis detection, such as CCS (Somaticell®), CMT and lactoculture in a dairy herd in the city of Carmo of Paranaíba-MG. 64 animals were evaluated, of which 56.25% had subclinical mastitis by microorganisms of the genus *Staphylococcus* sp and 53.125% had SCC up the value recommended by the IN 62/2011. Using the Somaticell® and CMT, it was possible to verify quickly and objectively animals with probability of infection in the mammary gland, which served as a basis for the establishment of more effective methods of hygiene and prophylaxis.

Keywords: Milk culture. Milk quality. Animal health. Somaticell®.

1. Introdução

A mastite bovina é a doença que mais onera a exploração de animais destinados à produção de leite, e a prevenção, o controle e o tratamento dessa doença são de fundamental importância para a pecuária leiteira (PEIXOTO *et al.*, 2013). É um agravo influenciado por uma variedade de fatores não inter-relacionados, tais como a conformação do úbere, as condições dos esfíncteres dos tetos, o estado imunitário dos animais, as condições de higiene da ordenha, os procedimentos de ordenha, as condições de manutenção da ordenhadeira mecânica e as condições de higiene do ordenhador (EMBRAPA, 2015).

Sua incidência é predominante em rebanhos leiteiros de todo o mundo, causando prejuízos econômicos e sanitários para produtores e laticínios. Além disso, a doença pode representar um potencial risco de saúde pública e de terneiros, uma vez que o leite pode servir como veiculador de microrganismos patogênicos e toxinas produzidas pelos microrganismos no leite contaminado (ZAFALON *et al.*, 2009; CHAGAS *et al.* 2012; VIEIRA *et al.* 2013; BRITO *et al.* 2014).

A mastite apresenta etiologia de origem tóxica, traumática, metabólica, fisiológica, alérgica, infecciosa, prevalecendo à infecção por bactérias, mas vírus, fungos e algas também podem causar mastite, mesmo que em menor incidência. No processo patogênico da mastite, os microrganismos infecciosos penetram através do canal e dos esfíncteres do teto, os quais possuem propriedades defensivas como um mecanismo de oclusão, sendo esses a primeira barreira contra a invasão bacteriana (PEIXOTO *et al.*, 2013; BRITO *et al.*, 2014; EMBRAPA, 2015).

Estes microrganismos penetram ali e se multiplicam, e a resposta imunológica recruta em seguida as células de defesa principalmente os leucócitos para o local, na tentativa de reverter o processo. Esse processo promove o aumento dessas células de defesa juntamente com as células descamadas dos alvéolos glandulares, denominados células somáticas. A elevada contagem de células somáticas (CCS), principal característica da mastite, promove a alteração das propriedades físico-químicas do leite (PEIXOTO *et al.*, 2013; BRITO *et al.*, 2014; EMBRAPA, 2015).

Ribeiro Júnior *et al.*, (2008); Nickerson (2009); Peixoto *et al.*, (2013) comentam a respeito do mecanismo de transmissão da enfermidade, que pode ser classificada em mastite contagiosa, quando a transmissão do microrganismo se dá de um animal para outro através de fômites; e mastite ambiental, quando a transmissão do microrganismo ocorre do ambiente para a glândula mamária por meio de fômites ou não.

Conforme a sua manifestação, a doença pode ser classificada como clínica e subclínica. A mastite clínica é marcada por respostas inflamatórias mais severas, que resultam em mudanças no aspecto da secreção láctea, em mudanças visíveis no tecido mamário e, em alguns casos, em efeitos sistêmicos como hipertermia, prostração e tremores musculares. Já a mastite subclínica é desprovida de sinais clínicos, não apresenta reações macroscópicas detectáveis no leite, porém, apresenta alterações químicas e microbiológicas (PEIXOTO *et al.*, 2013).

Os métodos California Mastitis Test (CMT) e a contagem de células somáticas (CCS) são fundamentais para o diagnóstico da mastite subclínica, elucidando os leucócitos como elemento principal nas suas determinações, entre outros fatores como a idade

da vaca, o estágio de lactação e a ordem do parto, que podem influenciar nos resultados. No entanto, o estado da infecção é o principal responsável pela variação da CCS (EMBRAPA, 2012; ÁLVAREZ; CASSOLI; MACHADO, 2013). E o método difundido mundialmente para caracterização dos microrganismos envolvidos no processo infeccioso da mastite ressalta a cultura microbiológica (BRASIL, 2011).

Devido ao potencial risco de saúde pública e de terneiros, e levando em conta os prejuízos causados pela mastite subclínica, mediante a redução na produção e na qualidade do leite, esta pesquisa comparou métodos de detecção de mastite subclínica bovina CCS, CMT e lactocultura em rebanho leiteiro no município de Carmo do Paranaíba – MG.

2. Material e métodos

A pesquisa foi realizada em animais de uma propriedade leiteira, de média tecnificação, que aplica as boas práticas agropecuárias, com predomínio de rebanho holandês, localizada do município de Carmo do Paranaíba – MG. Sessenta e quatro animais foram encaminhados à sala de ordenha e, conforme rotina, procedeu-se à antisepsia dos quartos mamários e coletou-se manualmente três jatos de leite de cada teto em raquete própria para realização do teste Califórnia Mastitis Test (CMT), analisando-se a frequência dos casos de mastite subclínica (1+, 2+, 3+) de acordo com SCHALM; NORLANDER (1957).

Para a quantificação da CCS, coletou-se leite dos quatro tetos em um tubo Falcon, utilizando-se uma alíquota de 2mL de amostra do tubo Falcon de acordo com método do fabricante do kit Somaticell®. Ao término dos testes de diagnóstico de CCS e CMT, as amostras foram transportadas ao laboratório Microbiologia D do UNIPAM, Patos de Minas, para análise microbiológica, e os animais foram liberados para a pista de alimentação.

Para essas análises, foi transferida uma alíquota de 2mL de cada amostra para microtubos de 2mL cada, submetidos à centrifugação por quatro minutos a 8.000rpm (BRASIL, 2003).

As análises microbiológicas seguiram o estabelecido na IN62 do MAPA (BRASIL, 2003), com adaptações. Inoculou-se pelo método de esgotamento/estria uma alçada de 10µL na superfície de ágar Baird-Parker (BP). Incubaram-se todas as placas em estufa bacteriológica a 35,5°C +/- 2°C/48hrs. Realizou-se a leitura e procedeu-se à identificação. As bactérias identificadas como *Staphylococcus* sp foram submetidas à coloração de Gram, teste de catalase, teste de coagulase e DNase.

3. Resultados e discussão

Cortinhas *et al.* (2013) discorrem sobre a necessidade da melhoria da qualidade do leite, sendo esta uma preocupação crescente no cenário nacional. A qualidade do leite bovino abarca aspectos microbiológicos e físico-químicos, desde a lactação até o

processamento e comercialização. A indústria utiliza como critério da avaliação da qualidade do leite técnicas de contagem de células somáticas (CCS) e lactocultura.

Os animais avaliados frente aos testes de contagem de células somáticas (CCS), Califórnia Mastitis Test (CMT) e lactocultura demonstraram percentuais de mastite subclínica diferentes, conforme se observa na Tabela 1. A lactocultura revelou 56,25% de cultura positiva para o gênero *Staphylococcus* sp, dos quais 15,62% correspondem ao *Staphylococcus aureus*.

Tabela 1 – Percentual de 64 animais reagentes em CCS e CMT e positivos para a lactocultura de propriedade no município de Carmo do Paranaíba – MG

Nº de células somáticas	CCS	lactocultura		Escore de reação	CMT
		<i>Staphylococcus</i> sp	<i>Staphylococcus aureus</i>		
69.000 até 100.000	46,87	12,50	4,68	+	79,69
101.000 até 200.000	21,87	12,50	3,12	++	7,81
201.000 até 1.970.000	31,25	15,62	7,81	+++	12,50

A instrução normativa nº 62 de 29/12/2011 define que o leite cru refrigerado, a partir de 01/07/14 até 30/06/16, nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, se enquadra nos parâmetros para a contagem de células somáticas no limite de 5×10^5 CCS/mL. A partir de 01/07/16 preconiza-se que o leite cru refrigerado não apresente mais que 4×10^5 CCS/mL (MAPA, 2011). Devido a essa determinação, os animais avaliados no presente estudo foram divididos em três grupos.

Harrop *et al.* (1975) foram os pioneiros na utilização do Califórnia Mastitis Test e avaliaram amostras de 860 vacas em 20 fazendas de seis municípios do agreste de Pernambuco. Corroborando com esta pesquisa, seus resultados demonstraram que 338 das 860 vacas (39,0%) apresentavam algum tipo de distúrbio mamário; 275 animais (31,7%) apresentavam a infecção. O *Staphylococcus aureus* foi isolado de 103 vacas (59,2%) com o a lactocultura. Dos 2.997 quartos examinados, 437 (14,5%) estavam com mastite, o que indicou a incidência média de 1,58 quartos infectados por vaca.

Brito (2014), em estudo semelhante, avaliou amostras de leite de 217 vacas de 14 propriedades localizadas em São Luís, Paço do Lumiar, São José de Ribamar e Raposa, utilizando-se a caneca de fundo escuro e o Califórnia Mastitis Test (CMT). A partir dos testes anteriormente citados, os animais positivos foram selecionados para avaliação microbiológica. Dos 857 quartos mamários avaliados, 27 (3,12%) apresentaram mastite clínica, e 215 (25,08%) foram comprovados com mastite subclínica. Das amostras reagentes para o CMT, 69 apresentaram escore 1+, 103 escores 2+ e 43 escore 3+. Das 242 amostras de leite destinadas à microbiologia, 204 (84,29%) apresentaram crescimento

de microrganismos e em 38 (15,70%) não houve crescimento. O microrganismo *S. aureus* foi isolado em 14,23% das amostras colhidas.

Medeiros *et al.* (2008) realizaram estudo semelhante no Recife; para o exame microbiológico, 25,6% das amostras foram consideradas negativas e 74,4% positivas. Com auxílio do Somaticell® quantificou-se a CCS, de acordo com o fabricante, observando-se que um maior percentual (35,7%) para as 308 amostras analisadas se enquadrava entre 69.000 até 200.000 células somáticas, 7,5% do rebanho detinham CCS entre 200.000 e 400.000, 23,1% dos animais demonstraram CCS entre 400.000 até 1.200.000, e 32,1% do rebanho apresentavam CCS acima de 1.200.000 células.

Medeiros *et al.* (2008) compararam os resultados do Somaticell® frente ao CMT, observando uma sensibilidade de 99,51%, enquanto que a especificidade é de apenas 3,8%. Verificou-se a ocorrência de 205 coincidências entre o Somaticell® e o CMT, e destas amostras coincidentes, 201 já haviam sido positivas aos dois métodos. Das 103 amostras não coincidentes, 102 foram positivas pelo Somaticell® e negativas ao CMT. Em relação ao Somaticell® verificou-se que a sensibilidade deste em relação à lactocultura é de 99,12%, enquanto que a especificidade é de apenas 3,8%. De todas as avaliações, houve 230 coincidências entre os exames Somaticell® e a lactocultura, e destes, 227 amostras foram positivas. Das 78 amostras não coincidentes, 76 foram reagentes ao Somaticell® e não reagentes ao exame microbiológico.

4. Conclusão

Considerando a dinâmica e a necessidade de resultados imediatos, a contagem de células somáticas demonstra maior viabilidade. Com a utilização do Somaticell®, foi possível verificar de forma rápida e objetiva os animais com probabilidade de infecção na glândula mamária; assim como o CMT que, de rápida e fácil execução, demonstrou os animais reagentes.

Aliar os três métodos torna-se importante para o monitoramento de animais, aumentando as chances de sucesso nos tratamentos, reduzindo a probabilidade de perdas e servindo como base para a instauração de métodos mais eficazes de higiene e profilaxia.

Referências

ÁLVAREZ, J. C. E.; CASSOLI, L. D.; MACHADO, P. F. O rebanho e a ordenha como fatores de risco da mastite no Brasil – resultados preliminares. *Vet. e Zootec. Anais do V Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite do Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite – CBQL*. 10 a 12 de junho de 2013, pp. 76-77.

BRASIL, 2003. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA 062. Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Brasília, DF, 26 de ago. 2003.

BRASIL, 2011. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA 062, de 29 de dezembro de 2011.

BRITO, D. A. P.; OLIVEIRA, I. S. S.; BRITO, D. R. B.; COSTA, F. N. Prevalência e etiologia da mastite em bovinos leiteiros da Ilha de São Luís, estado do Maranhão, Brasil, 2014. *Rev. Bras. Med. Vet.*, out/dez 2014.

CHAGAS, L. G. S.; MELO, P. C.; BARBOSA, N. G.; GUIMARÃES, E. C.; BRITO, D. V. D. Ocorrência de mastite bovina causada por *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp. E *Candida* sp. em uma propriedade rural no município de Indianópolis – Minas Gerais, Brasil, 2012. *Biosci. J.*, Uberlândia, 28(6):1007-1014, nov./dez. 2012.

CORTINHAS, C. S.; MACEDO, S. N.; ORSI, A. M.; MESTIERI, L.; SANTOS, M.V. Efeito da contagem de células somáticas sobre a contagem de *Staphylococcus* e *Streptococcus* em leite de tanque. *Vet. e Zootec. Anais do V Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite do Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite – CBQL*. 10 a 12 de junho de 2013, pp. 130-131.

EMBRAPA, 2012. Mastite bovina, considerações e impactos econômicos. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA*. Embrapa Tabuleiros Costeiros; Aracaju, SE. 2012.

EMBRAPA, 2015. Panorama do leite. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA*. Embrapa Gado de Leite; Juiz de Fora, MG. Ano 7, nº 75, outubro/2015.

HARROP, M. H. V.; PERIERA, L. J. G.; BRITO, J. R. F.; MELO, A. M. B. Incidência de mastite bovina na bacia leiteira da zona do agreste meridional de Pernambuco. *Pesq. Agrop. Bras. série Vet.* 1975.

LAGE, C. F. A.; MALACCO, V. M. R.; MOLINA, L. R. Análise do risco de infecção por *Staphylococcus aureus* em vacas leiteiras em diferentes estágios de lactação. *Vet. e Zootec. Anais do V Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite do Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite – CBQL*. 10 a 12 de junho de 2013, pp. 60-61.

MEDEIROS, E. S.; PINHEIRO JUNIOR, J. W.; PEIXOTO, R. M.; SILVA FILHO, A. P.; FARIA, E. B.; MOTA, R. A. Avaliação do exame microbiológico, California Mastitis Test e Somaticell® nodiagnóstico da mastite subclínica em bovinos leiteiros, 2008. *Medicina Veterinária*, Recife, 2(2):16-22, abr./jun. 2008.

MELO, P. C.; NADER-FILHO, A.; FERREIRA, L. M.; ZAFALON, L. F.; VICENTE, H. I. G. Análise fenotípica e molecular da produção de biofilmes por estirpes de *Staphylococcus aureus* isoladas de casos de mastite subclínica bovina, 2012. *Biosci. J.*, Uberlândia, 28(1):94-99, jan./fev. 2012.

NICKERSON, S. C. Control of heifer mastitis: antimicrobial treatment-an overview. *Veterinary Microbiology*, 134(1-2):128-135, fev./2009.

OLIVINDO, C. S.; CHAPAVAL, L.; VILLARROEL, A. B. S.; ALVES, F. S. F.; SOUSA, F. G. C.; FERNANDES, E. P. Detecção de *Staphylococcus aureus* utilizando a técnica de REP-PCR no monitoramento da qualidade do leite de cabra, *R. Bras. Zootec.*, 38(7):1317-1321, 2009.

PEIXOTO, A. F.; NETO, A. L. S.; SILVA, A. B.; OLIVEIRA, J. M. B.; BRANDESPIM, D. F., JÚNIOR, J. W.P. Etiologia da mastite bovina em propriedades rurais do município de Lagoa do Ouro, (microrregião de Garanhuns) – PE. *Vet. e Zootec. Anais do V Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite do Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite – CBQL*. 10 a 12 de junho de 2013, pp. 58-59.

RIBEIRO JÚNIOR, E.; SILVA, M. H.; VIEGAS, S. A. A.; RAMALHO, E. J.; RIBEIRO, M. D.; OLIVEIRA, F.C. S. California Mastitis Test (CMT) e whiteside como métodos de diagnóstico indireto da mastite subclínica. *Rev. Bras. Saúde Prod.*, 9(4):680-686, out/dez, 2008.

SANTANA, E. H. W. *Determinação do perigo de consumo de leite cru relacionado a intoxicação estafilocócica*. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Londrina, Paraná. 2006.

SCHALM, O. W.; NOORLANDER, D. O. Experiments and observations leading to development of the California mastitis test. *J Am Vet Med Assoc*. 130(5):199-204, Mar. 1957

VIEIRA, B. C. R., LORENZONI, L. S.; SOUZA, M. H.; ALFAIATE, M. B.; XAVIER, T. M. T. Etiologia infecciosa associada à mastite subclínica em bovinos de propriedades rurais no município de Alegre – ES, 2013. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 9(16):1154-1172, 2013.

ZAFALON, L. F.; ARCARO, J. R. P NADER FILHO, A.; FERREIRA, L. M.; VESCHI, J. L. A. *Staphylococcus aureus* portadores de genes de toxinas isolados em amostras de diferentes fontes de transmissão durante a ordenha. *Rev Inst Adolfo Lutz*, 68(2):269-77, 2009.

Frequência de neoplasias cutâneas diagnosticadas por exame histopatológico em cães e gatos atendidos em clínicas veterinárias no município de Patos de Minas, MG

Frequency of skin cancer diagnosed by histopathological examination in dogs and cats attended in veterinary clinics in the municipality of Patos de Minas, MG

Talita Cristina Modesto

Graduanda do curso de Medicina Veterinária (UNIPAM). e-mail: talita.cris@hotmail.com.br

Eneida Cesar Mastrantonio

Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: enemastrantonio@yahoo.com.br

Resumo: Foram analisados exames histopatológicos de cães e gatos atendidos em clínicas veterinárias da cidade de Patos de Minas, MG, de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, coletando informações como diagnóstico morfológico, localização do tumor, espécie, sexo, idade e raça, com o objetivo de realizar um estudo epidemiológico. Foram diagnosticadas 28 neoplasias cutâneas em 25 cães e quatro gatos, sendo que 18 animais eram fêmeas e 10 machos. Cães adultos e idosos foram os mais acometidos, assim como os cães sem raça definida, boxer e pit bull. Os tumores malignos prevaleceram com 82,14% dos casos, sendo o carcinoma de células escamosas o mais predominante, seguido do mastocitoma e do fibrossarcoma. Sugerem-se estudos futuros com maior número de diagnósticos para contribuir com dados epidemiológicos da região.

Palavras-chave: Tumores. Pele. Carcinoma de células escamosas. Mastocitoma.

Abstract: We analyzed histopathological examinations of dogs and cats of the veterinary clinic of the city of Patos de Minas, MG, from January 2014 to December 2016, by collecting the following information: morphological diagnosis, tumor location, species, sex, age and race, with the objective of conducting an epidemiological study. Twenty-eight cutaneous neoplasms were diagnosed in 25 dogs and 4 cats, 18 females and 10 males. Adult and elderly dogs were the most affected, as were mongrel dogs, boxer and pit bull. Malignant tumors prevailed with 82.14% of the cases, with squamous cell carcinoma being the most predominant, followed by mast cell tumors and fibrosarcoma. We suggest future studies with a greater number of diagnoses to contribute with epidemiological data from the region.

Keywords: Tumors. Skin. Mast cell tumor. Squamous cell carcinoma.

1. Introdução

O aumento dos casos de neoplasias em cães e gatos é um problema cada vez mais diagnosticado na prática veterinária, tratando-se de uma importante causa de morte desses animais (SALVADO, 2010). De acordo com Withrow e Macewen (2001) e

De Nardi *et al.* (2002), a principal razão para que esse fato ocorra é a maior longevidade observada nos animais de companhia (ASTETE, 2012), levada pelos avanços na medicina veterinária, pelos maiores cuidados com os animais, pelos planos de vacinação, pelo controle de parasitas, entre outros métodos profiláticos que levaram a diminuir mortalidades precoces, dadas, principalmente por agentes infecciosos.

Acredita-se que entre 20% e 75% dos atendimentos veterinários realizados em clínicas e hospitais veterinários estejam relacionados a problemas dermatológicos (BENTO; CHAMELETE; DANTAS, 2013). A pele é o maior órgão do corpo e representa uma barreira física entre o meio ambiente e o organismo, permanecendo em exposição direta a fatores oncogênicos (FERNANDES *et al.*, 2015); além disso, é composta por uma variedade de tipos celulares potencialmente capazes de se transformar em neoplasia, fazendo com que elas ocorram em maior frequência nesse órgão (BELLEI *et al.*, 2006).

Os tumores da pele e do tecido subcutâneo são bastante comuns em cães e representam cerca de um terço de todos os tumores encontrados nessa espécie (GOMES, 2015). Nos gatos, de acordo com Hauck (2013), esse tipo de neoplasia abrange 29,6% do total de tumores diagnosticados. O exame histopatológico é considerado o de eleição para o diagnóstico de tumores cutâneos, devendo sempre ser realizado após a remoção cirúrgica de toda e qualquer massa tumoral, e é o exame complementar mais confiável (GOMES, 2015).

Por terem grande incidência, as neoplasias cutâneas vêm sendo estudadas constantemente, fazendo com que a dermatologia e a oncologia se enquadrem dentro das especialidades veterinárias que mais se destacam na rotina da clínica médica (BENTO; CHAMELETE; DANTAS, 2013).

Objetivou-se, no presente trabalho, realizar um estudo epidemiológico das neoplasias cutâneas de cães e gatos diagnosticadas por exame histopatológico em clínicas veterinárias no município de Patos de Minas, MG. Devido à escassez de informações numéricas acerca da prevalência de neoplasias em cães e gatos na região, há a necessidade de estudos epidemiológicos e levantamentos estatísticos que descrevam os tumores mais encontrados, a idade de maior prevalência, o sexo, a raça e a espécie mais acometida para que se possa estabelecer um protocolo terapêutico mais assertivo, aumentando a sobrevida dos animais de companhia.

2. Metodologia

Para o estudo, foram analisados arquivos com resultados de exames histopatológicos de animais atendidos em clínicas veterinárias da cidade de Patos de Minas, MG, de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, perfazendo um estudo retrospectivo de três anos. As seguintes informações foram coletadas: diagnóstico morfológico, localização do tumor, espécie, sexo, idade, raça e malignidade ou benignidade do tumor. Todos os exames histopatológicos analisados foram emitidos por laboratórios especializados, os quais encaminham o material coletado, com as informações necessárias dos animais submetidos à exérese de tumor ou biópsia incisional, e recebem os laudos de patologistas.

Os animais foram agrupados em três classes quanto à faixa etária: filhotes (até

um ano de idade), adultos (um a oito anos) e idosos (mais de oito anos). Os dados foram tabulados em uma planilha do Excel e, posteriormente, analisados na forma de estatística descritiva. As informações obtidas foram descritas em frequência absoluta (n) e relativa (%).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA do Centro Universitário de Patos de Minas, MG (UNIPAM), pelo número de protocolo 07/16.

3. Resultados e discussões

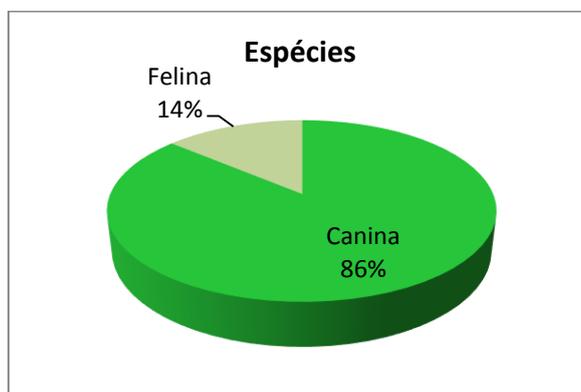
Foram analisados exames histopatológicos de 82 animais, os quais apresentavam diagnósticos de 88 lesões. Das 88 lesões, 42 eram cutâneas (47,73%), sendo que 28 dessas foram diagnosticadas como neoplasias (66,67%), enquanto as 14 restantes (33,33%) tiveram resultados compatíveis com processos inflamatórios e cistos.

Em um estudo sobre a prevalência de neoplasias em cães, realizado por Santos *et al.* (2013), observou-se que as neoplasias de pele obtiveram maior incidência. Cruz-Pinto *et al.* (2015) também citam em seu trabalho a pele e seus anexos representando o grupo de maior presença de neoplasias em cães e gatos.

Essa casuística pode ser justificada pelo fato de a pele estar sujeita a fatores genéticos e agentes internos envolvidos na produção de tumores. Além disso, é um órgão que, com frequência, está diretamente exposto a condições potencialmente oncogênicas, como irritantes crônicos, poluentes ambientais, agentes infecciosos e exposição aos raios solares, que podem agir como fator predisponente para tumores.

Dos 28 animais diagnosticados com neoplasias cutâneas, 25 eram cães (86,21%) e apenas quatro eram gatos (13,79%) (Figura 1), o que corrobora com dados de diversos trabalhos, em que os cães são mais acometidos por neoplasias se comparados aos gatos (CRUZ-PINTO *et al.*, 2015; SALVADO, 2010; ANDRADE *et al.*, 2012; KIMURA *et al.*, 2012). De acordo com Vail e Withrow (2007), as estimativas das taxas de incidência anual das neoplasias da pele são de 450 em 100.000 cães e de 120 em 100.000 gatos.

Figura 1. Porcentagem de cães e gatos acometidos por neoplasias cutâneas atendidos em clínicas veterinárias de Patos de Minas, MG



Do total de animais (88), 24 (27,27%) eram machos e 64 (72,73%) eram fêmeas. A frequência de tumores cutâneos em fêmeas foi de 64,29% (n=18) e em machos 35,71% (n=10) (Figura 2), sendo as fêmeas as mais acometidas por tumores cutâneos, tanto para os cães quanto para gatos. Esses dados foram compatíveis com os observados por Silveira *et al.* (2006) e Lobato *et al.* (2015), e se diferem dos resultados obtidos por Fernandes *et al.* (2015) e Meirelles *et al.* (2010), que relatam predominância dos machos na casuística.

Em relação à faixa etária, cinco animais eram adultos (18,52%), 15 idosos (55,56%) e, em sete casos, não houve informação sobre a idade dos animais (25,93%) (Figura 3). No decorrer deste estudo, não se diagnosticou nenhuma neoplasia em filhotes, assim como De Nardi *et al.* (2002) citam em seu trabalho: certamente o fator idade pode predispor às afecções oncológicas. A maioria dos tumores acontece principalmente em cães adultos e idosos. Portanto, é incomum sua ocorrência em cães filhotes e jovens, e o maior número de casos de tumores cutâneos pode estar correlacionado ao aumento da sobrevivência desses cães (MORRISON, 1998).

Figura 2. Porcentagem do sexo de cães e gatos com neoplasias cutâneas atendidos em clínicas veterinárias de Patos de Minas, MG

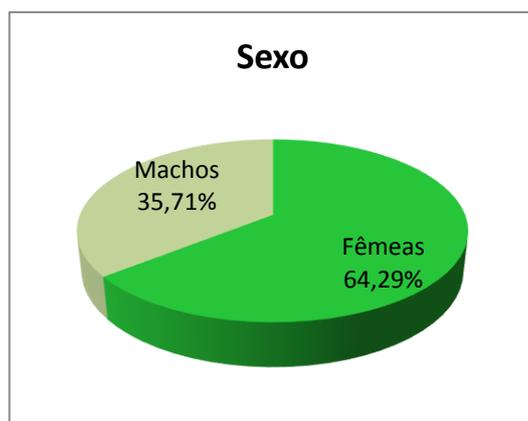
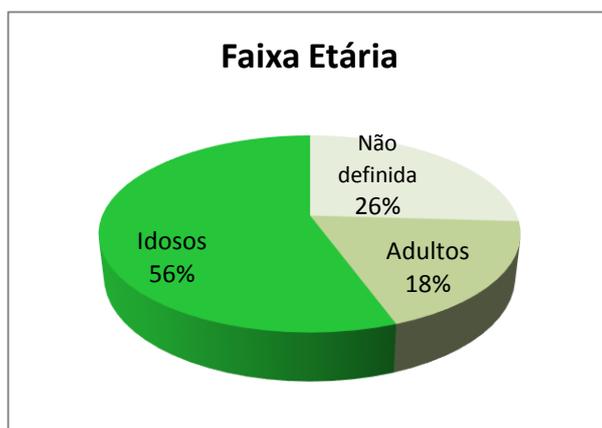


Figura 3. Porcentagem da faixa etária dos animais com neoplasias cutâneas atendidos em clínicas veterinárias de Patos de Minas, MG



Cães de sete raças diferentes foram diagnosticados com neoplasias cutâneas, porém os cães sem raça definida (SRD) foram os mais frequentes (50%), possivelmente em função do grande número de cães mestiços na população estudada. Entre os de raça, as duas mais acometidas foram o boxer (n=3) e o American Pit Bull Terrier (Pit Bull) (n=3), ambos com 12,50% (Figura 4).

A frequência de tumores cutâneos nas raças Boxer e Pit Bull foi semelhante à de Fernandes *et al.* (2015), que têm essas duas raças entre as quatro mais acometidas em seu estudo, e também foi semelhante aos resultados de De Nardi *et al.* (2002), de Bellei *et al.* (2006) e de Silveira *et al.* (2006), o que leva a crer na existência de uma predisposição genética do Boxer para certas neoplasias cutâneas (MEIRELLES *et al.*, 2010). Em relação à raça dos gatos, três eram SRD (75%) e apenas um (25%) era persa. Todas as raças de cães e gatos e suas frequências estão relacionadas na Tabela 1.

Figura 4. Porcentagem de raças caninas dos animais com neoplasias cutâneas atendidos em clínicas veterinárias de Patos de Minas, MG

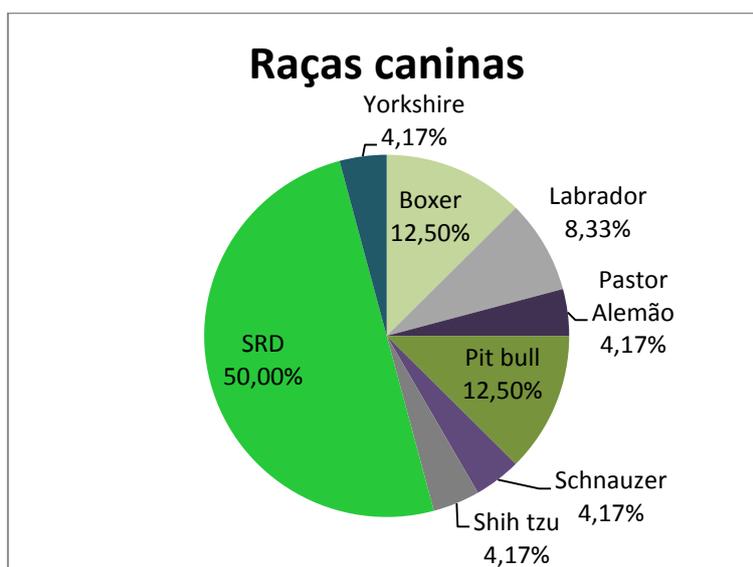


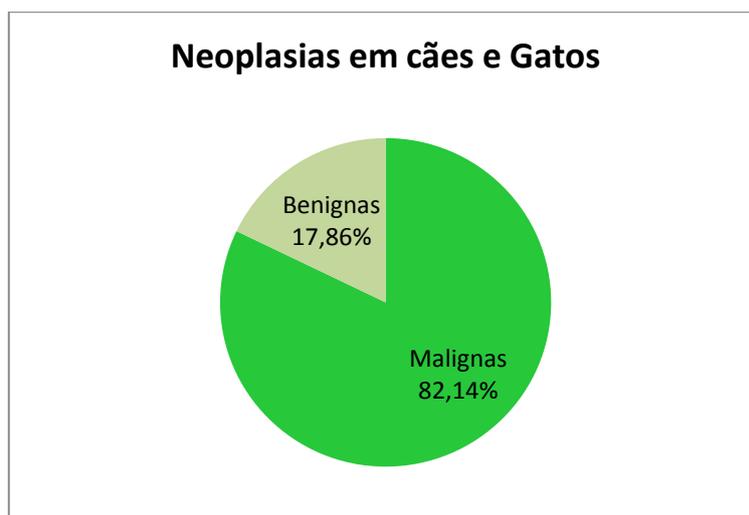
Tabela 1. Frequência absoluta (n) e relativa (%) das raças de cães e gatos, acometidas por neoplasias cutâneas, atendidos em clínicas veterinárias do município de Patos de Minas, MG

Raças	Caninas		Felinas		Total	
	n	%	n	%	n	%
Sem Raça Definida (SRD)	12	50,0%	3	75%	15	53,57%
Boxer	3	12,50%	-	-	3	10,71%
Pit Bull	3	12,50%	-	-	3	10,71%
Labrador	2	8,33%	-	-	2	7,14%

Pastor Alemão	1	4,17%	-	-	1	3,57%
Schnauzer	1	4,17%	-	-	1	3,57%
Shih tzu	1	4,17%	-	-	1	3,57%
Yorkshire	1	4,17%	-	-	1	3,57%
Persa	0	-	1	25%	1	3,57%
Total	24	100%	4	100%	28	100%

Do total de 28 neoplasias cutâneas, a maioria, ou seja, 82,14% (n=23), apresentou comportamento maligno em cães e gatos (Figura 5), assim como relatado por Fernandes *et al.* (2015) e Silveira *et al.* (2006). Porém, discorda em partes Salgado (2010), o qual afirma que cerca de dois terços de neoplasias cutâneas caninas são solitárias e benignas. Já nos gatos, essas tendem a ser mais malignas do que benignas, concordando com o que é observado neste estudo, sendo que de um total de quatro gatos, 75% (n=3) foram diagnosticados com tumores cutâneos malignos e apenas 25% (n=1) com tumor benigno. Esse fato também é afirmado por Gomes (2015), o qual cita que, em tumores primários, cerca de 20-40% em cães são histologicamente classificados como malignos, existindo uma grande discrepância quando comparados aos gatos, já que nestes os valores variam de 69,7% até 82%.

Figura 5. Porcentagem de neoplasias cutâneas benignas e malignas diagnosticadas em animais atendidos em clínicas veterinárias de Patos de Minas, MG



Foram diagnosticados 14 tipos de tumores em cães e gatos, e o mais comum foi o carcinoma de células escamosas (CEC), com 17,86% (n=5), seguido do mastocitoma, 14,29% (n=4), e do fibrossarcoma, 14,29% (n=4). Os demais tumores e suas frequências

estão relacionados na tabela 1. Entre os caninos, o mastocitoma 16,67% (n=4) e o fibrossarcoma 16,67 (n=4), seguidos do CEC 12,50% (n=3), foram os tumores de maior ocorrência.

Alguns autores como Bellei *et al.* (2006), Daleck e De Nardi (2008), Souza *et al.* (2006) e Fernandes *et al.* (2015) citam o mastocitoma como uma das neoplasias cutâneas mais frequentes em cães. De acordo com Rodaski e Werner (2008), esse tumor está associado principalmente à exposição à radiação solar. Fernandes *et al.* (2015) afirmam, em seu estudo, que há um maior risco de os cães desenvolverem carcinoma ou mastocitoma em relação a outros tumores.

Entre os felinos, o CEC, com 50% (n=2), foi o tumor mais diagnosticado. Um estudo realizado por Salvado (2010) também obteve o carcinoma como a neoplasia mais frequente em gatos. Nesse mesmo estudo, o fibrohistiocitoma se encontrava entre as cinco neoplasias mais identificadas.

Tabela 2. Frequência absoluta (n) e relativa (%) de neoplasias cutâneas diagnosticadas em cães e gatos atendidos em clínicas veterinárias do município de Patos de Minas, MG

Neoplasias	Caninos		Felinos		Total	
	n	%	n	%	n	%
Carcinoma de células escamosas (CEC)	3	12,50%	2	50%	5	17,86%
Mastocitoma	4	16,67%	0	0%	4	14,29%
Fibrossarcoma	4	16,67%	0	0%	4	14,29%
Lipoma	1	4,17%	1	25%	2	7,14%
Hemangiossarcoma	2	8,33%	0	0%	2	7,14%
Mixossarcoma	2	8,33%	0	0%	2	7,14%
Tricoepitelioma	2	8,33%	0	0%	2	7,14%
Fibrohistiocitoma Felino	0	0,00%	1	25%	1	3,57%
Hemangioma	1	4,17%	0	0%	1	3,57%
Histiocitoma	1	4,17%	0	0%	1	3,57%
Leiomiossarcoma	1	4,17%	0	0%	1	3,57%
Linfoma	1	4,17%	0	0%	1	3,57%
Melanoma	1	4,17%	0	0%	1	3,57%
Neurofibrossarcoma	1	4,17%	0	0%	1	3,57%
Total:	24	100%	4	100%	28	100%

Considerando que a pele representa um dos órgãos mais comprometidos pelas neoplasias em cães e gatos e que, na maioria das vezes, elas podem ser caracterizadas

por malignidade, faz-se necessário um diagnóstico precoce por meio do exame confirmatório para fundamentar uma terapia e um prognóstico adequado, bem como a avaliação da frequência e compreensão do comportamento biológico e epidemiológico das neoplasias, a fim de serem tomadas medidas de controle importantes para diminuir sua ocorrência e letalidade e estabelecer tratamentos eficazes.

O baixo número de exames histopatológicos utilizados neste estudo e a falta de dados referentes à prevalência dessas neoplasias no município de Patos de Minas, MG, remetem à pequena quantidade de exames histopatológicos que são realizados nas clínicas veterinárias da cidade, provavelmente pelo fato de que os proprietários, muitas vezes, não estão dispostos a pagar pelo exame, e também pela falta de informação sobre a importância do mesmo, o que torna difícil a suspeita clínica com base em dados epidemiológicos.

Dessa forma, considera-se oportuna a realização de estudos futuros que, assim como este, determinem a incidência dos tumores de pele que acometem os cães e os gatos desta região, para que, dessa forma, esses dados possam auxiliar os médicos veterinários locais no diagnóstico dessas patologias que são bastante frequentes nas clínicas veterinárias. Os resultados obtidos a partir deste e de outros estudos poderão oferecer subsídios para o diagnóstico e o tratamento das neoplasias, conforme a casuística local.

4. Conclusão

Os animais mais acometidos por neoplasias cutâneas foram as fêmeas caninas idosas. Os tumores mais frequentes foram o carcinoma de células escamosas, o mastocitoma e o fibrossarcoma, caracterizados por malignidade. Os cães sem raça definida foram os mais acometidos, seguidos das raças Boxer e Pit Bull. Sugerem-se estudos futuros com maior número de diagnósticos para contribuir com dados epidemiológicos da região.

Referências

ANDRADE, L. F. S. *et al.* Tumores de cães e gatos diagnosticados no semiárido da Paraíba. *Pesq. Vet. Bras*, 32(1):1037-1040, 2012.

ASTETE, Teresita Elena Araya. *Estudio epidemiológico descriptivo de casos de neoplasias en perros y gatos atendidos en el Servicio de Cirugía de Animales Pequeños. Enero 1990 – Diciembre 2010.* 2012. 56f. Dissertação (Escuela de Medicina Veterinaria) - Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago, 2012.

BELLEI, M. H. M.; NEVES, D. S.; GAVA, A.; LIZ, P. P.; PILATI, C. Prevalência de neoplasias cutâneas diagnosticadas em caninos no estado de Santa Catarina, Brasil, no período entre 1998 a 2002. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, 5(1):73-79, 2006.

BENTO, M.S., CHAMELETE, M.O., DANTAS, W.F.M. Diagnóstico Clínico e Histopatológico de Neoplasmas Cutâneos em Cães e Gatos Atendidos Na Rotina Clínica do Hospital Veterinário da Univiçosa. *Anais V SIMPAC*. Viçosa-MG, 5(1):361-368, jan-dez. 2013.

CRUZ-PINTO, Carlos Eduardo et al. Análise da casuística das afecções cirúrgicas observadas na Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais da FMVZ-USP no período de 1988 a 2007. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 52(1):41-47, 2015.

DALECK, Carlos Roberto; DE NARDI, Andriago Barboza; RODASKI, Suely. *Oncologia em Cães e Gatos*. São Paulo: Roca, 2008.

DE NARDI, A.B.; RODASKI, S.; SOUSA, R.S.; COSTA, T.A.; MACEDO, T.R.; RODIGHERI, S.M.; RIOS, A.; PIEKARZ, C.H. Prevalence of neoplasias and kind of treatments in dogs seen in Veterinary Hospital at University Federal of Paraná. *Archives of Veterinary Science*. Curitiba, 7(2):15-26, 2002.

FERNANDES, C.C.; MEDEIROS, A.A.; MAGALHÃES, G.M.; SZABÓ, M.P.J.; QUEIROZ, R. P.; SILVA, M.V.A.; SOARES, N.P. Frequência de Neoplasias Cutâneas em Cães Atendidos no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia Durante os Anos 2000 a 2010. *Biosci. J. Uberlândia*, 31(2):541-548, mar./apr. 2015.

GOMES, Rafael Antunes. *Estudo comparativo da análise citológica e histológica de massas cutâneas e subcutâneas em cães e gatos*. Dissertação (Mestrado integrado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa, 2015.

HAUCK, M. L. Tumors of the skin and subcutaneous tissues. In: S. J. Withrow, D. M. Vail, R. L. Page, Withrow & MacEwen (ed.). *Small Animal Clinical Oncology*. 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2013, pp. 319-331.

KIMURA, Kátia Cristina et al. Retrospective study of neoplasms in domestic animals: A survey between 1993 and 2002 of the service of animal pathology, department of pathology, school of veterinary medicine and animal science, University of Sao Paulo, Southeast Brazil. *Braz. J. Vet. Pathol*, v. 5, p. 60-69, 2012.

LOBATO, R.B., CARDOSO, A.M.C., MACEDO, B.C., SILVEIRA, K.F. SOUZA, N.F., PEREIRA, W.L.A. *Estudo retrospectivo de neoplasias de pele em cães, na região metropolitana de Belém-PA, no período de 2013 a 2014*. 42º Congresso Bras. de Medicina Veterinária e 1º Congresso Sul-Brasileiro da ANCLIVEPA, Curitiba, PR. 2015. Disponível em: http://www.infoteca.inf.br/conbravet/smarty/templates/arquivos_template/upload_arquivos/acervo/744.pdf Acesso em: 20 nov. 2016.

MEIRELLES, A. E. W. B.; OLIVEIRA, E. C., RODRIGUES, B. A.; COSTA, G. R.; SONNE, L.; TESSER, E. S.; DRIEMEIER, D. Prevalência de neoplasmas cutâneos em cães da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS: 1.017 casos (2002-2007). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, 30(11):968-973, 2010.

MORRISON, W. B. *Cancer in Dogs and Cats: Medical and Surgical Management*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998.

RODASKI S.; WERNER J. "Neoplasias de pele", in: DALECK, C.R., DE NARDI A.B. & RODASKI S. (ed.). *Oncologia em Cães e Gatos*. Roca, São Paulo, 2008, pp. 253-279

SALVADO, Inês Sofia de Sousa. *Estudo retrospectivo das neoplasias em canídeos e felídeos domésticos, analisadas pelo Laboratório de Anatomia Patológica da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Técnica de Lisboa, no período compreendido entre 2000 e 2009*. 2010. 97f. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

SANTOS, I. F. et al. Prevalência de neoplasias diagnosticadas em cães no Hospital Veterinário da Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 65(3):773-782, 2013.

SILVEIRA, L. M. G.; CUNHA, F. M.; MARZANO, T. F.; CALDERARO, F. F.; BONAMIN, L. V. Estudo crítico de neoplasias cutâneas em cães. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde, Campinas*, 24(6):169-73, 2006.

SOUZA, T. M.; FIGHERA, R. A.; IRIGOYEN, L. F.; BARROS, C. S. L. Estudo retrospectivo de 761 tumores cutâneos em cães. *Ciência Rural*, Santa Maria, 36(2):555-560, mar-abr., 2006.

WITHROW S. J.; MACEWEN E. G. *Small Animal Oncology*. 3 ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company: 1-3, 2001.

VAIL, D. M.; WITHROW, S. J. "Tumors of the Skin and Subcutaneous Tissues", in: VAIL, D.M. & WITHROW, S. J. (ed.). *Withrow and Macewen's small animal clinical oncology*. 4 ed. Missouri: Saunders Elsevier, 2007, pp. 375-396.

Avaliação da dieta total para vacas leiteiras com ênfase na homogeneidade da mistura

Evaluation of total diet for dairy cows with emphasis on the mixture homogeneity

Daniel Peres de Oliveira

Graduando do curso de Zootecnia (UNIPAM). e-mail: danielperesagrop@hotmail.com

Hélio Henrique Vilela

D.Sc. em Zootecnia; Professor do curso de Zootecnia (UNIPAM). e-mail: heliohv@unipam.edu.br

Daiane Maria Oliveira

Mestre em Química Orgânica; Professora de Química (Escola Estadual Bueno Brandão); Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa em Produtos Naturais (NuPPeN) – UFU.

Resumo: O objetivo do experimento foi investigar se o tempo em que os ingredientes da dieta para vacas leiteiras são misturados influencia na homogeneidade da ração total, interferindo em sua composição bromatológica, verificando se o tempo de mistura dos alimentos pode desbalancear a dieta formulada. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, que consistiram nos tempos de mistura dos ingredientes (3, 5, 7 e 9 minutos), com quatro repetições. Após a mistura, duas amostras da ração foram colhidas: uma para determinar o coeficiente de variação (CV) dos ingredientes por meio de sua granulometria, e outra, para avaliação bromatológica. Não houve efeito significativo ($P>0,05$) para pH, nem para os teores de MS, PB e cinzas; no entanto, efeito significativo ($P<0,05$) foi observado para os teores de EE, FDN e FDA. A mistura por 7 minutos obteve as melhores médias para as variáveis e melhor homogeneidade da mistura, com um CV abaixo de 12,0%.

Palavras-chave: Arraçamento. Composição bromatológica. Tempo de mistura.

Abstract: The objective of the experiment was to investigate if the time in which the ingredients of the diet for dairy cows are mixed influences the homogeneity of the total ration, interfering in its bromatological composition, verifying if the time of mixing of the foods can unbalance the formulated diet. The design was completely randomized, with four treatments, which consisted of the mixing times of the ingredients (3, 5, 7 and 9 minutes), with four replicates. After mixing, two samples of the feed were collected: one to determine the coefficient of variation (CV) of the ingredients by means of their granulometry, and another one, for bromatological evaluation. There was no significant effect ($P>0.05$) for pH, nor for DM, CP and ash contents; however, significant effect ($P<0.05$) was observed for the contents of EE, NDF and ADF. The mixture for 7 minutes obtained the best means for the variables and better homogeneity of the mixture, with a CV below 12.0%.

Keywords: Bromatological composition. Feeding. Great time mixing.

1. Introdução

Ao longo dos anos a eficiência alimentar dos ruminantes cresceu em função do aumento na quantidade de concentrado nas dietas e, segundo Owens (2007), o uso de concentrados aumentou principalmente em função da maior oferta de subprodutos da agroindústria. No entanto, a partir da década de 50, o uso de dietas muito ricas em grãos, particularmente o milho, trouxe sérios problemas metabólicos aos rebanhos comerciais, como acidose ruminal, paraqueratose e abscessos hepáticos (VAN SOEST, 1994).

Tentando reduzir tais problemas, nos últimos anos houve um grande esforço dos nutricionistas para o desenvolvimento de formulações, sistemas de mistura de dieta (vagões misturadores) e ajustes de dietas para confinamento (OWENS, 2007).

No Brasil, há basicamente três sistemas de mistura: sistema por tombamento, sistema de rotor e sistema por roscas horizontais, o que gera grande diferença em termos de homogeneidade na mistura dos alimentos que compõem a dieta. Entretanto, em muitos confinamentos ainda se faz o trato de forma manual, com carretas de madeira ou com vagões que apenas distribuem a dieta (LAZARINI *et al.*, 2014)

A chamada dieta ou ração total (TMR, do inglês *Total Mixed Rations*) é um tipo de ração em que concentrado e volumoso (geralmente silagem ou outra fonte de forragem) são misturados juntos e ofertados como uma ração completa, visando o consumo total dos ingredientes, pelos animais, do que foi planejado (GONÇALVES, BORGES e FERREIRA, 2009). Segundo Lazarini *et al.* (2014), as dietas de confinamentos podem ter quatro composições diferentes: a TMR formulada no computador, a TMR misturada para ser fornecida, a TMR oferecida aos animais e a TMR que realmente os animais consomem. Essa última deve receber atenção especial por parte dos nutricionistas, reduzindo e/ou eliminando a seleção de alimentos no cocho, com possibilidade de aumento no desempenho dos animais.

Adicionalmente, segundo Amaral-Phillips *et al.* (2002), vários motivos tornam o uso da TMR vantajoso: aumento de produção de leite, menor custo de mão de obra, melhoria no estado de saúde dos animais, aumento do desempenho reprodutivo, menor custo de alimentação e maior facilidade de incorporação e mistura de alimentos na dieta. Ainda de acordo com o NRC (2001), rações completas previnem as flutuações no pH do ambiente ruminal, pois cada bocado consumido pelo animal contém proporções de ingredientes iguais que contribuem para a eficiência da digestão pelos microrganismos, principalmente com relação à síntese de proteína microbiana.

Assim, a qualidade da dieta ofertada é um fator que influencia o ganho de peso e a eficiência alimentar, podendo minimizar a ocorrência de desordens metabólicas. Dessa forma, a mistura dos ingredientes constitui uma das etapas mais importantes em um confinamento, uma vez que pode afetar o atendimento das exigências nutricionais dos animais (KARSBURG, 2010) e, conseqüentemente, o desempenho esperado.

Nesse sentido, empresas que trabalham com nutrição têm investido na avaliação e combinações de ingredientes, subprodutos, proteínas, minerais, vitaminas e vários aditivos de seus produtos comerciais. Para isso utilizam softwares sofisticados de balanceamento que são importantes para auxiliar e promover o desenvolvimento sustentável, evitando desperdício com a alimentação dos animais. Porém, os dados que

são gerados devem ser consistentes, uma vez que não se sabe se os resultados iniciais da dieta formulada equivalem aos dados obtidos no momento em que o animal ingere o alimento.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo investigar se o tempo em que os ingredientes da dieta são misturados pode influenciar a homogeneidade da TMR, interferindo em composição bromatológica, ou seja, verificar se a mistura dos alimentos pode desbalancear a dieta formulada.

2. Material e métodos

A parte de campo do experimento foi realizada na Fazenda Belvedere, localizada próximo à cidade de Patos de Minas-MG, situada na região do Alto Paranaíba, com início no mês agosto de 2016.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, os quais consistiram nos tempos de mistura dos ingredientes da dieta, ou seja, mistura por 3, 5, 7 ou 9 minutos, com quatro repetições. Os ingredientes foram colocados no vagão forrageiro seguindo a seguinte ordem: 1^o) forragem (silagem de milho), 2^o) caroço de algodão, 3^o) concentrado energético e proteico balanceado.

Para a mistura dos ingredientes, foi utilizado um vagão misturador da marca Casale, modelo TMX-40AC, com capacidade de 4,0 m³, com autocarregamento e descarregamento, e três roscas horizontais de mistura sem fim, sendo todas as batidas feitas na rotação 15000 rpm do trator.

Imediatamente após os ingredientes terem sido misturados e a ração total distribuída no cocho, antes de os animais terem acesso à ração, foram coletadas duas amostras, ao longo da linha de cocho, de acordo com os tempos de mistura estabelecidos para cada tratamento. Uma delas foi colocada em saco de papel devidamente identificado e levado para o Laboratório de Análise e Avaliação de Alimentos para Animais do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM, onde foram determinadas as seguintes características bromatológicas:

- Potencial hidrogeniônico (pH): utilizando-se um potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2, segundo método descrito por Silva & Queiroz (2002);
- Porcentagem de matéria seca (MS): determinada por secagem em estufa a 105° C, até atingir peso constante, após a secagem em estufa a 65° C (AACC, 1976);
- Porcentagem de proteína bruta (PB): foi determinado o teor de nitrogênio utilizando-se o aparelho de destilação a vapor micro-Kjedahl, conforme a AOAC (1970) e, posteriormente, a porcentagem de PB foi calculada utilizando-se o fator de conversão 6,25;
- Porcentagem de Extrato Etéreo (EE): realizada por meio da extração com solvente éter, em aparelho do tipo Soxhlet, segundo método descrito por Silva & Queiroz (2002);
- Porcentagem de matéria mineral (MM) ou cinzas: obtida por meio da queima da amostra seca em mufla, com temperatura próxima a 550 - 600° C, conforme descrito por Silva e Queiroz (2002);

- Porcentagem de fibra insolúvel em detergente neutro e detergente ácido (FDN e FDA): determinadas segundo metodologia proposta por Van Soest (1967).

Os dados referentes às análises bromatológicas foram submetidos à análise de variância e, sendo significativos, foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003), a 5% de significância.

A outra amostra foi acondicionada em sacos plásticos para determinação do coeficiente de variação (CV), o qual foi determinado considerando-se a homogeneidade da mistura, que, por sua vez, foi determinada usando-se uma adaptação do conjunto original de peneiras *Penn State*, a qual separa os ingredientes da ração por meio de diferentes granulometrias.

Este conjunto de peneiras possui crivos de diferentes tamanhos: a primeira retém partículas com diâmetro superior a 19 mm, a segunda retém partículas com diâmetro inferior a 19 mm e superior a 8 mm, a terceira retém partículas com diâmetro inferior a 8 mm e superior a 1,18 mm e, a quarta, de fundo fechado, retém as partículas com diâmetro inferior a 1,18 mm. Para uma ração completa, recomenda-se que na primeira peneira sejam retidos de 2 a 8% de partículas com tamanho superior a 19 mm; para as peneiras de 8 e 1,18 mm, a recomendação é que sejam retidos entre 30 a 50%; e na última peneira, deve-se encontrar no máximo 20% de partículas da amostra (HEINRICHS e KONONOFF, 2002; KONONOFF, 2005).

Para complementar as análises dos resultados, segundo Teixeira, Rizzo e Detmann (2012), deve-se calcular o coeficiente de variação, recomendado como parâmetro para avaliação da homogeneidade de rações, o qual foi calculado pela seguinte equação: $CV = (S/m) \times 100$, sendo:

CV = Coeficiente de variação (%);

S = Desvio padrão do ingrediente ($g\ kg^{-1}$);

m = Média do ingrediente, $g\ kg^{-1}$.

3. Resultados e discussão

O aumento dos tempos de mistura dos ingredientes da dieta não causou efeito significativo ($P > 0,05$) sobre os valores de pH e teores de MS, PB e cinzas (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de pH e porcentagens de MS, PB e Cinzas, em função dos tempos de mistura

Tratamentos	Variáveis			
	pH	MS (%)	PB (%MS)	Cinzas (%MS)
3 min	4,62	48,99	18,29	4,59
5 min	4,52	48,23	18,61	4,78
7 min	4,53	49,45	18,56	5,02
9 min	4,48	48,53	19,73	5,17

O processo básico de ensilagem consiste em abaixar o pH da forragem, geralmente colhida ao redor de 6,5 para menos de 4,0, através da conversão de açúcares para ácidos, principalmente ácido lático, por meio da fermentação causada por bactérias lácticas (PEDROSO, 2003). Podemos observar na Tabela 1 que as médias de pH foram acima de 4,00, o que já era de se esperar, uma vez que a dieta é composta não apenas por silagem, mas também por caroço de algodão e concentrado balanceado, não havendo variações bruscas com o aumento do tempo de mistura da dieta total.

O teor de matéria seca ideal da ração total está entre 50 e 75%, sendo que rações mais secas ou mais úmidas podem limitar o consumo (CARVALHO *et al.*, 2003). Podemos observar que os teores MS da dieta total ficaram entre 48,23 e 49,45%, ou seja, muito próximo dos valores considerados ideais por Carvalho *et al.* (2003).

Holter e Urban (1992) avaliaram dados de 329 vacas leiteiras em dietas com MS variando entre 30 a 70% e não encontraram redução no consumo quando a umidade aumentou em mais de 50%. Segundo esses autores, os alimentos com alta umidade são fermentáveis e a redução no consumo de matéria seca pode estar mais relacionada aos produtos finais da fermentação do que propriamente ao conteúdo de água.

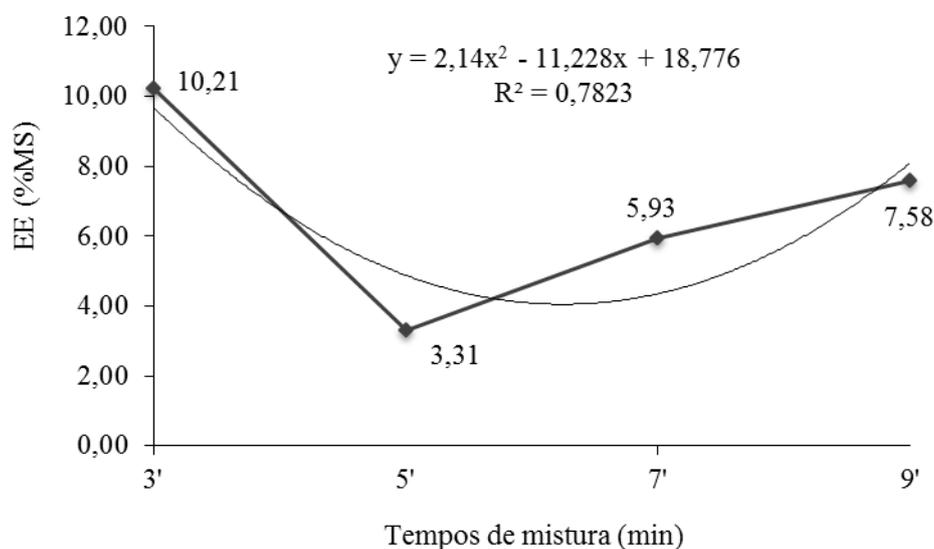
Os resultados de PB foram superiores a 18% e estão acima do recomendado por Ipharraguerre e Clark (2005) para vacas de leite confinadas produzindo entre 35 e 45 kg/dia, em meio da lactação, o qual seria de 16 a 16,50% PB, sendo suficiente para maximizar a produção de leite. Para as vacas que estavam sendo alimentadas com esta dieta, os teores de PB podem ser considerados relativamente altos, uma vez que a produção média das vacas que estavam no pico de lactação era de 27,05 kg/vaca/dia.

Segundo Mühlbach (2011), a deficiência de PB na dieta causa redução na produção e no teor de proteína do leite, enquanto o excesso gera baixo aproveitamento da proteína, a qual representa o nutriente mais caro da dieta. Adicionalmente, o excesso de PB na dieta pode resultar em redução nos índices de fertilidade. Vários estudos demonstram os efeitos de uma dieta rica em PB sobre as condições uterinas (ELROD *et al.*, 1993; SINCLAIR *et al.*, 2000; HAMMON *et al.*, 2005; RHOADS *et al.*, 2006). Os resultados de todos esses estudos sugerem que o aumento da ureia pela utilização de uma dieta rica em proteína pode reduzir a fertilidade por interferir com os efeitos indutivos normais da progesterona sobre o microambiente uterino, proporcionando desta forma condições sub-ótimas para manter o desenvolvimento do embrião (BUTLER, 2001).

A determinação do teor de cinzas fornece uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais (FICK *et al.*, 1976). Os teores de cinza encontrados neste estudo estão relativamente normais. Silva e Queiroz (2002) apresentaram valores de cinzas variando entre 4,63 a 4,92% para o capim-guatemala (*Tripsacum fasciculatum*) e entre 6,26 a 6,90%, para o farelo de soja. Esses teores representam pouco comparados às exigências de vacas em lactação, sendo necessária sua suplementação.

Ao analisar os resultados para o teor de EE observa-se um efeito significativo ($P < 0,05$), havendo uma curva decrescente polinomial de segunda ordem (Figura 1).

Figura 1. Valores observados e linha de tendência segundo a equação $y = 2,14x^2 - 11,228x + 18,775$



O tratamento com 3 minutos de mistura apresentou o maior teor de extrato etéreo, com média de 10,21%. Possivelmente isso ocorreu devido à maior quantidade de caroço de algodão visualizado a olho nu nas amostras correspondentes a esse tempo de mistura, o que nos indica que este tempo talvez não tenha sido suficiente para uma adequada homogeneização dos ingredientes.

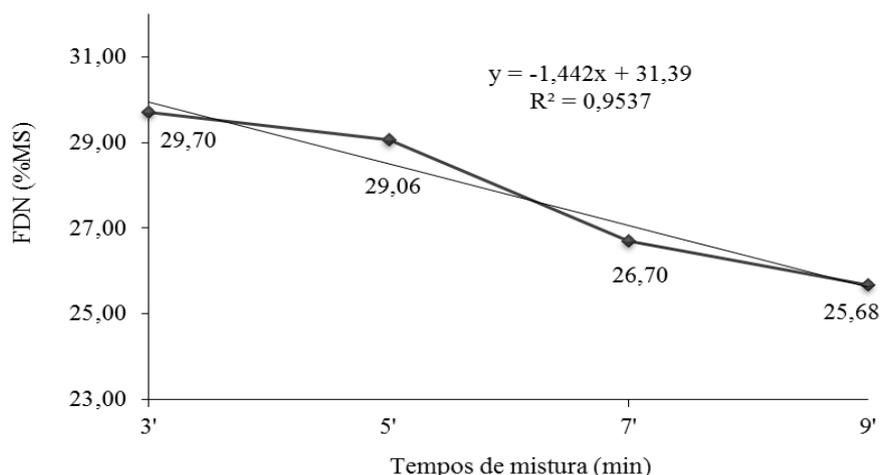
A adição de caroço de algodão pode levar à diminuição da digestibilidade da FDN, caso os teores de EE sejam elevados (DEVENDRA & LEWIS, 1974). Nesse sentido, Palmquist (1995) recomendou um limite máximo de EE de 7% em dietas para vacas lactantes, pois valores acima disso atrapalham a degradação ruminal. Podemos observar na figura 1 que, excetuando-se o tratamento de 3 minutos, os teores de EE estão dentro do que foi recomendado por Palmquist (1995), com um teor ligeiramente superior ao recomendando, no tratamento de 9 minutos de mistura.

Vargas *et al.* (2012) avaliaram os efeitos de dois níveis de lipídios (3 e 7%) em dietas de vacas em lactação, utilizando grãos de soja moídos e óleo de soja, sobre a produção, a composição do leite, os parâmetros ruminais, a produção de amônia pela microbiota ruminal e o consumo de MS. Os resultados obtidos mostraram que fontes lipídicas acima de 7% reduziram o consumo de matéria seca em 20%, sem afetar a produção, a composição do leite e os parâmetros fermentativos ruminais, com exceção do butirato, que foi reduzido, e do pH, que aumentou na dieta contendo grão de soja.

Nesse sentido, embora os teores de EE estejam dentro do limite aceitável, a mistura dos ingredientes por 9 minutos significa aumento de consumo e tempo de operação do trator. Assim, pode-se afirmar que a mistura por 9 minutos seria inviável economicamente para atividade.

Para os teores de FDN, observou-se um efeito significativo ($P < 0,05$), havendo uma redução linear, na medida em que se aumentou o tempo de mistura (Figura 2).

Figura 2. Valores observados e linha de tendência segundo a equação $y = -1,442x + 31,39$

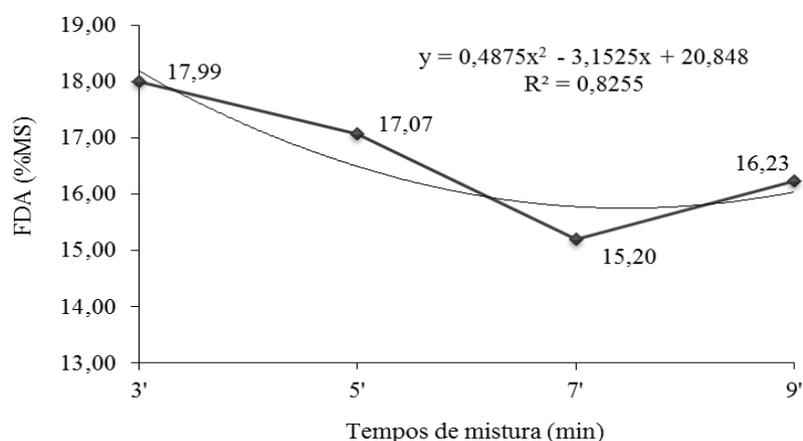


Observa-se que, com o aumento do tempo de mistura, o teor de FDN da dieta caiu de 29,70% para 25,68%. É possível que a redução nos valores de FDN tenha sido resultado de uma melhor homogeneidade da mistura, fazendo com que, na amostragem, material menos fibroso fosse encontrado nas amostras de maior de tempo de mistura (melhor incorporação e mistura dos ingredientes), comparado àquelas de menor tempo.

Sugere-se o uso do teor de FDN do alimento (ou da dieta) para se estimar o consumo dos ruminantes, quando forragens longas ou picadas grosseiramente são utilizadas. Mertens (2000) mostrou em seus estudos que, para garantir um mínimo de fibra, a dieta total deve conter de 28 a 30% de FDN na matéria seca, sendo que pelo menos 75% deste FDN deve ser oriundo de forragem. Nesse sentido, os teores de FDN encontrados estão de acordo com a recomendação deste autor.

Também houve efeito significativo ($P < 0,05$) para os teores de FDA, conforme podemos observar na figura 3.

Figura 3. Valores observados e linha de tendência segundo a equação $y = 0,4875x^2 - 3,1525x + 20,848$



A mistura dos ingredientes por 3 minutos foi a que apresentou maior teor de FDA (17,99%), o qual está dentro do limite indicado para vacas no terço meio de lactação, segundo recomendações do NRC (2001). A mistura por 7 minutos resultou em menor teor de FDA (15,20%), o que indica uma melhor qualidade da mistura. Segundo Júnior (2007), menores quantidades de FDA na dieta resultam em maior consumo de matéria seca pelos animais, o que provavelmente pode aumentar a produção.

Para verificar o coeficiente de variação (CV) da mistura dos ingredientes, Lima *et al.* (1997) sugerem coletar várias amostras em várias partes do misturador após o tempo estabelecido da mistura, realizando as análises bromatológicas destas amostras. Com os resultados calcula-se o CV, que deve ser inferior a 10% para uma mistura homogênea. Estudos de Teixeira, Rizzo e Detmann (2012) mostraram que a meta a ser alcançada pelas indústrias é de CV igual a 10%, pois o encontrado era próximo aos 15%. Por outro lado, CV entre 15 e 20% não resultam em problemas no desempenho dos animais (DALE, 1998).

Na tabela 2 são apresentados os valores médios do coeficiente de variação obtidos para cada nutriente, em função dos tempos de mistura, o que proporcionou a avaliação da homogeneidade da dieta. Observa-se que a média de todos os nutrientes apresentou um CV inferior a 10%.

Tabela 2. Coeficiente de variação (%) obtido para cada nutriente da ração, considerando o tempo de mistura

Variáveis	Tempo de mistura (minutos)			
	3'	5'	7'	9'
pH	4%	2%	3%	2%
MS	8%	4%	6%	1%
EE	15%	31%	12%	26%
Cinzas	8%	9%	8%	9%
PB	7%	11%	9%	9%
FDA	8%	5%	11%	7%
FDN	6%	8%	5%	6%
Média CV%	8%	10%	8%	9%

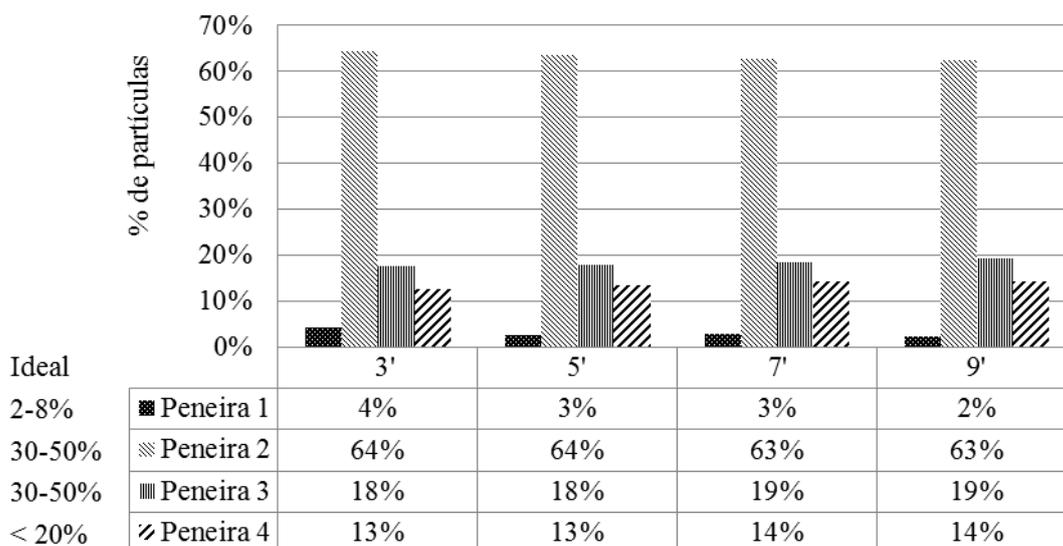
A partir desses valores, pode-se observar que a adoção do tempo de 7 minutos de mistura proporciona uma boa homogeneidade, reduzindo o tempo de operação e, consequentemente, o desgaste do trator e do vagão forrageiro, maximizando o tempo de mão de obra.

Avaliando estudos sobre variabilidade de misturadores comerciais, Wicke (1991) demonstrou que em 100 misturadores testados aproximadamente 51% tiveram coeficientes de variação (CVs) menores que 10%, enquanto 19% dos misturadores tiveram CVs maiores que 20%. Biagi (1998), avaliando 153 misturadores em confinamentos comerciais, obteve CVs médios de 9,50%. Neste mesmo experimento, 66% dos equipa-

mentos apresentaram CVs menores que 10%, enquanto 31% apresentaram CV entre 10 e 20%. Somente 3% dos equipamentos demonstraram baixa capacidade de mistura, com CVs acima de 20%. Ainda segundo este autor, o CV pode ser alterado devido a fatores como tempo de mistura, forma e tamanho das partículas, massa específica dos ingredientes, partes quebradas ou desgastadas do misturador, limpeza e carga do misturador com quantidades diferentes da recomendada para a operação, entre outros.

Dados apresentados por Oelberg (2011) mostraram que 70% das batidas de ração analisadas apresentam problemas de mistura e que o primeiro passo é descobrir o problema para monitorar a variabilidade na TMR. Para isso, pode-se utilizar o conjunto de peneiras *Penn State* ou sua adaptação para verificar como está a distribuição de partículas da dieta, conforme sua granulometria. Na figura 4 estão apresentados os dados referentes à distribuição de partículas, conforme a recomendação para a adaptação do conjunto de peneiras *Penn State*.

Figura 4. Porcentagem de partículas separadas pelo conjunto adaptado de peneiras *Penn State*, em função dos tempos de mistura e tamanhos de partículas (peneira 1: partículas maiores que 18 mm; peneira 2: partículas menores que 18 mm e maiores que 8 mm; peneira 3: partículas menores que 8 mm e maiores que 1,18 mm; peneira 4: partículas com tamanho inferior a 1,18 mm)



Pode-se observar que, nas peneiras 3 e 4, houve aumento na quantidade de partículas, na medida em que se aumentou o tempo de mistura, o que nos indica uma melhor homogeneidade da dieta.

Para esses dados serem precisos, segundo Oelberg (2011), deve-se calcular o CV para a peneira do meio e a de baixo (fundo da caixa). Os dados da peneira superior não são utilizados, pois como a quantidade é pequena, o coeficiente de variação tende a ser muito grande, naturalmente. Condições de mistura excelentes apresentam CV de 1 a

2%, enquanto CV de 3 a 5% indicam condições muito boas, e CV acima de 5% indica algum problema na mistura (DANÉS, 2013).

Nesse sentido, podemos observar na Tabela 3 que a peneira 1 obteve valores de CV muito elevados, independentemente do tempo de mistura, conforme descrito por Oelberg (2011). A peneira 2 obteve condições de misturas muito boas, não ultrapassando mais que 3% de CV; já para as peneiras 3 e 4, os coeficientes de variação ficaram acima de 5%, o que pode indicar algum problema na mistura (DANÉS, 2013).

Tabela 3. Coeficiente de variação das diferentes peneiras em função dos tempos de mistura

Tempos de mistura (min)	Coeficiente de variação (%)			
	Peneira 1	Peneira 2	Peneira 3	Peneira 4
3'	57	2	9	22
5'	47	3	5	8
7'	45	2	6	6
9'	33	3	5	22

Portanto, os ingredientes compostos em uma dieta total devem ser bem misturados, evitando que os animais selecionem as partículas menores ou maiores, pois a ração totalmente misturada garante que, em cada bocado, o animal ingira algo que esteja muito próximo do que foi estabelecido na formulação (OWENS, 2007).

4. Conclusões

A mistura incompleta resulta em uma apresentação inadequada do alimento no cocho dos animais, aumentando a variação dos nutrientes, permitindo maior possibilidade de seleção de alimentos, enquanto a mistura excessiva pode causar a segregação de partículas.

Para este experimento, o tempo de 7 minutos de mistura foi o que apresentou melhor homogeneidade da dieta.

Referências

AMARAL-PHILLIPS, D.M., BICUDO, J.R.; TURNER, L.W. 2002. *Feeding your dairy cows a total mixed ration: getting started*. Bulletin ID-141A. Cooperative Extension Service, College of Agriculture, University of Kentucky, Lexington, US.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*. 7.ed. St. Paul: 1976.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 12. ed. Washington, D.C, 1970.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. A.O.A.C. *Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists*. 11 ed. Washington, 1970, v. 1.

BIAGI, J.D. "Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de peletes e na economia da produção de rações", in: *Simpósio sobre granulometria de ingredientes e rações para suínos e aves*. Concórdia: Embrapa - CNPSA, 1998, p. 57-70.

BUTLER, W.R. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 81(9):2533-2539, 2001.

CARVALHO, L. A. *et al.* *Sistema de Alimentação: dieta completa*. Embrapa, 2002. Disponível em:

<<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/alimentacao/15.html>>. Acesso em: 26 set. 2016.

DALE, N. Evaluación de Mezcladoras. *Industria Avícola*, março 1998, p. 48-49.

DANÉS, M. A.C. *Será que meu processo de mistura da ração total está eficiente e consistente?* Lavras: Rede Agripoint, 2013. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/nutricao/sera-que-meu-processo-de-mistura-da-racao-total-esta-eficiente-e-consistente-82236n.aspx>>. Acesso em: 27 set. 2016.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. *Animal Production*, Victoria, 19(1):67-76, 1974.

ELROD, C.C.; VAN AMBURGH, M.; BUTLER, W.R. Alterations on pH in response to increased dietary protein in cattle are unique to the uterus. *Journal Animal Science*, v. 71, p. 702-712, 1993.

FERREIRA, D.F. *SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos*. Versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.

FICK, K. R., MILLER, S. M., FUNK, J. D., McDOWELL, L. R., HOUSER, R. H.; SILVA, R. M. *Método de determinação de minerais em tecidos e plantas*. Gainesville: Florida of University, 1976.

GARRET, E.F *et al.* 1999. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82(6):1170-1178, jun. 1999.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. *Alimentação de gado de leite*. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.

HAMMON, D.S.; HOLYOAK, G.K.; DHIMAN, T.R. Association between blood plasma nitrogen

levels and reproductive fluid urea nitrogen and ammonia concentrations in early lactation dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 86(3-4):195-204, 2005.

HEINRICH, J.; KONONOFF, P. *Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State forage particle separator*. Pennsylvania: The Pennsylvania State University/Department of Dairy and Animal Science, 2002.

HOLTER, J. B.; URBAN, W. E. JR. Water Partitioning and Intake Prediction in Dry and Lactating Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 75(6): 1472-1479, 1992.

IPARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Impacts of the source and amount of crude protein on the intestinal supply of nitrogen fractions and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 88(Suppl. 1):E22–E37, 2005.

JÚNIOR, G. L. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. *Ciência Animal*, 7(11):7-17, ago. 2007. Disponível em:
<<http://www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/Artigo1.2007.1.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2016

KARSBURG, J. H. *Quais fatores podem afetar a qualidade da mistura de ração total? Como avaliar a homogeneidade da mistura de ração total?* Out. 2010. Disponível em
<<http://www.beefpoint.com.br/parceiros/novidades/quais-fatores-podem-afetar-a-qualidade-da-mistura-de-racao-total-como-avaliar-a-homogeneidade-da-mistura-de-racao-total-66679/>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

KONONOFF, P. J. *Understanding Effective Fiber in Rations for Dairy Cattle*. University of Nebraska-Lincoln Extension G1587, 2005.

LAZARINI, V. F.; GAI, V. F.; FAGUNDES, R. S. *Composição bromatológica da dieta em relação ao tempo de batida*. *Cultivando o Saber*, 7(1):102–110, 2014.

LIMA, G. J. M. M. et al. “Determinação do tempo ótimo de mistura em misturadores verticais: Avaliação de métodos e equipamentos”, *Anais da XXXIV reunião da SBZ*, Juiz de Fora, MG, 28 de julho a 1º de agosto de 1997.

MERTENS, D., 2000. “Physically effective NDF and its use in dairy rations explored”, *Feedstuffs April*, n. 10, pp. 11-14, 2000.

MÜHLBACH, R. F. P. *Nutrição da vaca em lactação e a qualidade do leite*. Porto Alegre: Copyright © 1999-2016 Engormix - All Rights Reserved, 2011. Disponível em:
<http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-leite/nutricao/artigos/vaca-de-leite-t391/141-p0.htm#=_>. Acesso em: 26 set. 2016.

NRC - National Research Council. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001.

OELBERG, T. *TMR audits TMR improve TMR consistency*. Grantville: Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop, 2011, pp. 81–86.

OWENS, F.N. Manejo de cocho em confinamentos, in: *Anais do sexto simpósio sobre Bovinocultura de Corte: requisitos de qualidade na bovinocultura de corte*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2007.

PALMQUIST, D.L. Suplementação de lipídios para vacas em lactação, in: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (ed.) *Nutrição de bovinos*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995, p. 321–338.

PEDROSO, A.F. *Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.)*. 2003. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

RHOADS, M.L.; RHOADS, R.P.; GILBERT, R.; TOOLE, R.; BUTTLER, W.R. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 91(1-2):1-10, 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

SINCLAIR, K.D.; KURAN, M.; GEBBIE, F.E.; WEBB, R.; MECEVOY, T.G. Nitrogen metabolism and fertility in cattle. II, development of oocytes recovered from heifers offered. diets different in their rates of nitrogen release in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 78(10): 2670-2680, 2000.

TEIXEIRA, M. M.; RIZZO, R.; DETMANN, E. *Avaliação da qualidade da mistura de ração em misturador horizontal considerando a homogeneidade dos ingredientes*. Viçosa: UFV, 2012. 14 f. Engenharia Agrícola. Disponível em: <[http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/avaliacao da qualidade da mistura.pdf](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/avaliacao%20da%20qualidade%20da%20mistura.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2016

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *Journal of Animal Science*, v. 26, p. 119–128, 1967.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10):3583–3597, 1991.

VARGAS, L. H.; LANA, R. DE P.; JHAM, G. N.; SANTOS, F. L.; DE QUEIROZ, A. C.; MARCIO, A. B. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, pro-

dução e composição do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(1):522–529, 2012.

WICKER, D.L.; POOLE, D.R. How is your mixer performing? *Feed Manage*, 42(9):40-44, 1991.

Avaliação microbiológica da sala cirúrgica de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário do UNIPAM

Microbiological evaluation of the surgical room of small animals of the Centro Clínico Veterinário at UNIPAM

Ygor Henrique de Paula

Graduando do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Patos de Minas.
e-mail: ygor.henrique97@gmail.com

Henrique Inhauser Riceti Magalhães

Graduando do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Patos de Minas –
e-mail: henrique123magalhaes@yahoo.com.br

Juliana Borges Pereira

Professora orientadora. e-mail: julianabp@unipam.edu.br

Resumo: O estudo teve como objetivo avaliar a presença de microrganismos no ar, nas mãos dos cirurgiões e na mesa cirúrgica da sala de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário (CCV) do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. Foram avaliadas a presença e a ausência de bactérias, incluindo *Escherichia coli*, fungos filamentosos e leveduriformes. Foram coletadas seis amostras utilizando-se os meios de cultura Mac Conkey (MC), Ágar Sal Manitol (SM) e Ágar Batata Dextrose (PDA), entre os meses de maio e outubro de 2016. Para a avaliação do ar foi utilizada a técnica de sedimentação simples em placa, e para a contaminação das superfícies, foi utilizado o *swab* estéril. Houve crescimento de bactérias Gram-positivas e negativas e fungos filamentosos e leveduriformes em diversas amostras, porém nenhuma delas demonstrou crescimento de *E. coli*.

Palavras-chave: Bactérias; fungos; *E. coli*.

Abstract: The study aimed to evaluate the presence of microorganisms in the air, in the hands of surgeons and on the surgical table of the small animal room of the Centro Clínico Veterinário (CCV) at the Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM. We evaluated the presence and the absence of bacteria, including *Escherichia coli*, filamentous and yeast fungi. Six samples were collected using Mac Conkey (MC), Mannitol Salt Agar (SM) and Potato Dextrose Agar (PDA), along the months of May and October 2016. For the evaluation of the air we used the simple sedimentation technique in plate, and for the contamination of the surfaces, we used the sterile swab. There was a growth of Gram-positive and negative bacteria as well as filamentous and yeast fungi in several samples, but none of them demonstrated the growth of *E. coli*.

Keywords: Bacteria; fungi; *E. coli*.

1. Introdução

As doenças infecciosas e sistêmicas podem ser propagadas por uma variedade de microrganismos que podem crescer e se reproduzir em ambientes hospitalares constituindo-se em locais de possíveis infecções (PANAGOPOULOU *et al.*, 2002).

Fontes de recuperação de patógenos potencialmente causadores de infecções relacionadas à assistência à saúde, como os microrganismos multirresistentes, são encontradas principalmente no ambiente hospitalar. Esses ambientes têm sido foco de especial atenção, a fim de minimizar a disseminação desses microrganismos. Grande parte dos estudos em que há avaliação da identificação e isolamento de bactérias multirresistentes verifica sua presença em pacientes hospitalizados (POLETTO; REIS, 2005).

Na Medicina Veterinária este tema ainda é pouco abordado, havendo a necessidade da implantação de medidas profiláticas eficientes como o controle, identificação e mensuração das causas das infecções, tendo como resultado a sua redução (BRAGA, 2008).

Tanto em hospitais humanos quanto em hospitais veterinários, são necessárias medidas simples quanto à limpeza, desinfecção, esterilização e biossegurança. Porém, nos hospitais veterinários, essas medidas não recebem a total atenção que merecem devido a algumas particularidades. Tais particularidades representam um potencial infectante aos pacientes que, mesmo não apresentando sintomas específicos, podem vir a transmitir ou adquirir agentes patológicos para outros animais ou até para o próprio médico veterinário. Dessa forma, é necessária a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI), equipamentos de proteção coletiva (EPC) e a correta desinfecção do ambiente (SANTOS *et al.*, 2007).

Por exigir mudanças comportamentais e ser um assunto recente na Medicina Veterinária, os estudos de controle microbiológico devem ser cada vez mais presentes, com o intuito de se identificar as causas das infecções e reduzir transtornos aos donos, pacientes e ao médico veterinário responsável pelo tratamento (STEHLLING; CUNHA; MARIA, 2001 *apud* RODRIGUES, 2013). Estudos apresentam que 5,5% de pequenos animais demonstraram infecção hospitalar com resultado em morbidade e mortalidade pós-operatória (ROUSH, 1999; VIANA, 2001; DUNNING, 2007 *apud* RODRIGUES, 2013).

Medeiros *et al.* (2003) consideram a profilaxia como o principal aliado do cirurgião em se tratando do controle de infecção, pois mesmo com os avanços consideráveis na área em questão, esse assunto ainda é um grande desafio. Os mesmos autores afirmam que diversos fatores estão envolvidos em uma infecção cirúrgica, sendo medidas de controle epidemiológico, preventivas e educacionais de grande importância para diminuir e cessar a taxa de ocorrências dessa entidade clínica.

No ambiente hospitalar, as infecções que mais acometem os pacientes são as infecções da estrutura urinária, as infecções por cateter e as infecções respiratórias. As principais bacteremias são a endocardite bacteriana, a meningite bacteriana, a pneumonia bacteriana, a pielonefrite aguda e as sepses (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

O risco de ocorrência de infecções em hospitais a partir de animais doentes pode ser minimizado pelo médico veterinário que tem a obrigação de diminuir o risco infecção no ambiente hospitalar (POLETTO; REIS, 2005).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a presença de microrganismos nas mãos

dos cirurgiões, nas mesas cirúrgicas e no ar das salas de cirurgia de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário (CCV) do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, verificando a presença e a ausência de bactérias, de *Escherichia coli* e de fungos filamentosos e leveduriformes.

2. Referencial teórico

2.1. Contaminação microbiológica do ar

Vários estudos consideram o ar presente no ambiente uma forma de os microrganismos se disseminarem (SOUSA; FORTUNA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2005), a partir de aerossóis compostos por moléculas sólidas e líquidas, onde há células vegetativas destes organismos, principalmente bactérias dos grupos estafilococos, estreptococos e micrococcos (ANDRADE, 2008). Fatores ambientais, como a umidade relativa do ar (70% a 80%), são os requisitos básicos para o crescimento e desenvolvimento dos microrganismos (MEDEIROS *et al.*, 2012).

Em ambientes hospitalares, principalmente em locais como centro cirúrgico, unidades de imunossuprimidos e centrais de material, deve-se ficar atento quanto à carga microbiana presente no ar. Cuidados básicos, como o direcionamento do ar condicionado em procedimentos cirúrgicos, para que não ele caia sobre o campo e a realização de limpeza, e testes em novos equipamentos antes de ser colocados em uso, auxiliam no combate a possíveis infecções (KUMARASAMY *et al.*, 2010).

Padrões da OMS (Organização Mundial de Saúde) indicam que a carência de um acompanhamento rigoroso sobre as causas de contaminações e a má higienização dos aparelhos de ar condicionado desencadeiam uma má qualidade de ar em mais da metade dos locais fechados (QUADROS *et al.*, 2009).

A Resolução 176 de 24/10/2000, que está relacionada à qualidade do ar dentro de ambientes climatizados artificialmente de uso coletivo e público, determina que o valor máximo indicado para contaminação microbiológica deve ser inferior a 750 UFC/m³ de fungos (BRASIL, 2000).

As demolições e reformas dos ambientes hospitalares devem ser fiscalizadas para não colocarem pacientes em risco devido ao desprendimento de fungos ou germes das paredes. Um exemplo é o fungo *Aspergillus*, que se deposita na poeira, em reformas de unidades de transplantes ou em localidades próximas, e gera infecções graves ou até mesmo letais em pacientes que o inalam (KUMARASAMY *et al.*, 2010).

Existem variadas espécies de bactérias patogênicas com capacidade de serem dispersas pela poeira e pelo ar, como, por exemplo, o *Staphylococcus aureus* (SILVA *et al.*, 2002).

2.2. Contaminação microbiológica de superfícies

Os microrganismos estão presentes nos diversos ambientes, pois possuem mecanismos que favorecem sua viabilidade, mesmo em longos períodos de estresse (THOMAZ, 1999).

Os utensílios, equipamentos e superfícies mal higienizados são vetores que proporcionam, individualmente ou em conjunto, um meio propício para a propagação de enfermidades (ANDRADE, 2008). As superfícies secas aparentemente limpas são possíveis reservatórios de bactérias que podem ser encontradas nos ambientes hospitalares. Esses ambientes possibilitam a sobrevivência desses microrganismos garantindo seu potencial patogênico por longos períodos (JAWAD *et al.*, 1996).

Dentre as várias características que favorecem a adesão de microrganismos em superfícies, a principal é a umidade do local após o processo de higienização. Aglomerados de bactérias nessas áreas podem desencadear o processo de formação de biofilmes como uma medida de sobrevivência, deixando-as mais resistentes durante procedimentos de sanitização ou desinfecção devido à geração de matriz extracelular (KASNOWSKI *et al.*, 2010).

As bancadas, os banheiros, os drenos de pias são locais e superfícies onde se encontram alta concentração de patógenos. Esponjas e toalhas são exemplos de grandes disseminadores destes organismos por várias superfícies, já que o meio se encontra favorável para sua multiplicação (úmido e de uso comum) (COELHO *et al.*, 2010). Kusumaningrum *et al.* (2003) observaram que as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Salmonella entérica* e *Campylobacter* sp. nas estruturas de aço inoxidável continuavam se proliferando, mesmo após lavagem e secagem do local.

O rastreamento efetivo destas espécies bacterianas dentro de um ambiente hospitalar é importante, possibilitando identificar a possível fonte de contaminação (RODRIGUES *et al.*, 2003 *apud* ESTEVES *et al.*, 2014).

O principal patógeno encontrado em superfícies é o *S. aureus*. Essas bactérias são encontradas no organismo humano em mutualismo, predominando na pele, nas fossas nasais e nas mãos. Esta última apresenta frequente contato com superfícies (JERÔNIMO *et al.*, 2011).

Deve-se fazer uso de desinfetantes que sejam aprovados pelo hospital para combater contaminações, atendendo às normas técnicas do Ministério da Saúde (MANGRAM *et al.*, 1999).

Para que se obtenha um controle do real estado das superfícies em relação à microbiota presente, recomenda-se, após higienização e sanitização do local, realizar análises detalhadas da contaminação. Este acompanhamento é essencial para o controle do crescimento microbiano (GALETTI; AZEVEDO; AZEVEDO, 2005).

Fatores como temperatura, ação mecânica, ação química e tempo de contato são as variáveis da eficiência da limpeza e da ação dos sanitizantes. Também são necessários testes como *swab*, com a finalidade de verificar se, após os procedimentos de higienização, ainda existem microrganismos em proliferação (SANTOS, 2004 *apud* ESTEVES *et al.*, 2014).

2.3. Contaminação microbiológica das mãos

A importância da antissepsia da pele foi esclarecida por Joseph Lister (1827-1912), que observou uma diminuição de infecções do sítio cirúrgico adotando essas práticas. Ainda não existiam luvas cirúrgicas naquela época, aumentando a necessidade da utilização de técnicas antissépticas eficientes nas mãos do cirurgião e na pele do paciente

(WIDMER *et al.*, 2010). Larson (1999) evidencia que o hábito de higienização das mãos adequadamente está relacionado à queda de futuras infecções hospitalares.

Existem bactérias nas diferentes localidades da superfície do corpo, sendo seus sítios os indicadores de suas densidades. Nas mãos de profissionais de saúde, a contagem bacteriana total atinge valores entre $3,9 \times 10^4$ a $4,6 \times 10^6$ UFC/cm³ (Unidades Formadoras de Colônias por centímetro cúbico) e pode ser classificada em dois grupos: a microbiota transitória e microbiota residente (CUSTÓDIO *et al.*, 2009).

A microbiota residente se encontra em camadas mais profundas da pele. O processo de antissepsia das mãos e do antebraço, para estes microrganismos que dificilmente podem vir a desencadear alguma infecção cirúrgica, já que apresentam virulência reduzida, torna-se difícil (CUSTÓDIO *et al.*, 2009). As principais espécies pertencentes a esta microbiota são *Corynebacterium* spp. e *Propionibacterium* spp. (60%), e em áreas de menor umidade na pele, predominam os *Micrococcus* spp. e os *Streptococcus* coagulase negativa (*Streptococcus epidermidis*, *S. hominis* e *S. capitis*) (KAWAGOE, 2004).

A microbiota temporária ou transitória ocorre a partir do contato de fontes externas com a pele. Nela se encontram *Escherichia coli*, *Proteus* spp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp. e *Pseudomonas* spp. (KAWAGOE, 2004). Apesar de sua maior patogenicidade, essas bactérias podem ser removidas simplesmente com o ato de higienização das mãos, já que se abrigam com menor aderência e superficialmente à pele (ANVISA, 2010).

A antissepsia das mãos foi considerada parte das seis metas que visam a prevenção de infecções, com o objetivo de interromper a sua transmissão pelo contato. Deve ser realizada obrigatoriamente antes e após o contato com o paciente ou com fluidos corpóreos, mucosas, bem como na realização de medicação, durante exames físicos, na remoção de luvas, na manipulação de dispositivos invasivos e em procedimentos com cateterismo. Essa assepsia remove resíduos, células descamativas, suor, pelos, oleosidade e microrganismos da pele (ANVISA, 2007 *apud* SANTOS *et al.*, 2012).

De acordo com a legislação prevista pela ANVISA (órgão que é responsável pela higienização das mãos em atividades ligadas à saúde), existe uma maneira adequada para se lavar as mãos na tentativa de reduzir a carga microbiana (BRASIL, 2007).

2.4. Infecção hospitalar

Pereira, Moriya e Gir (1996) relatam que questões como a realização da vigilância sanitária e a categoria e porte dos hospitais humanos influenciam no número de casos de infecções hospitalares, sendo mais comuns nos de grande porte com a finalidade de ensino.

Hospitais de ensino são os mais vulneráveis ao aparecimento desse tipo de infecção, pois se trata de um ambiente com grande fluxo, seja pelo tipo de cliente ou paciente que se mantém por períodos prolongados com finalidades didáticas, seja pela diversidade de doentes com diagnósticos diferentes, seja ainda pelas várias pessoas que transitam pelo recinto realizando suas atividades (PEREIRA; MORIYA; GIR, 1996).

Casos de infecções hospitalares estão em constante crescimento, mesmo sendo um grave problema. Um estudo realizado no interior paulista, analisando a incidência de infecções na área cirúrgica de um hospital público humano, verificou a necessidade

de medidas preventivas, já que a taxa de ocorrência destas infecções foi de 13,4% no sítio cirúrgico, valor que seria aceitável em procedimentos cirúrgicos potencialmente contaminados. O estudo mostrou que 50% dos casos de infecção estavam em pacientes que apresentavam fatores de risco (tricotomia inadequada, presença de neoplasia, idade acima de 50 anos e cirurgia com duração acima de duas horas) (POVEDA; GALVÃO; HAYASHIDA, 2003).

Seguin *et al.* (1999) relataram surtos de estafilococos em cavalos que se encontravam em um hospital veterinário. Os patógenos eram disseminados pelas pessoas que tinham contato com eles dentro do ambiente hospitalar, pois se observava que todos estes animais, no momento que chegavam às instalações, não apresentavam infecções estafilocócicas, mesmo vindo de diferentes localidades e em períodos distintos. Infecções por *S. aureus* em equinos estão cada vez mais comuns, sendo que na mesma proporção se evidenciam as possibilidades da transmissão entre cavalos e humanos (WEESE *et al.*, 2006).

2.5. Profilaxia como aliada do cirurgião

Os profissionais devem se preocupar com as medidas de controle e profilaxia na tentativa de evitar a ocorrência de infecções hospitalares. Pereira, Moriya e Gir (1996), em um estudo de abrangência em 21 estados brasileiros e 110 centros de treinamento ou hospitais de ensino, verificaram que os profissionais e responsáveis dos hospitais apresentavam falta de interesse e informação em relação a medidas preventivas das infecções hospitalares.

O médico veterinário está constantemente propício ao contato com fatores de risco, como materiais contaminados ou dejetos de animais portadores de doenças infectocontagiosas, em todas as suas áreas de atuação, seja no campo, em indústrias, seja na clínica ou em laboratórios. Ele também é importante no controle de doenças com capacidade de se transmitir dos animais para o próprio ser humano (zoonoses). Tudo isso caracteriza-se como um problema de saúde pública, e são pontos que elucidam a necessidade da utilização dos equipamentos de proteção individual (CRMVRJ, 2004).

É necessário promover o incentivo e a atualização permanente de clínicos veterinários, para que se eles se adaptem ao tema de acordo com os novos conceitos no mundo moderno (LABARTHE; PEREIRA, 2008). Para que se garanta a proteção contra patógenos a animais tratados e ao médico veterinário, é importante que se usem os EPIs, como, por exemplo, jalecos, luvas e máscaras, que impedem o transporte de microrganismos entre as diferentes áreas da clínica. Esses profissionais também contam com uma imunização preventiva contra tétano e raiva (BOHNER *et al.*, 2011).

3. Metodologia

3.1. Coleta

Entre os meses de maio e outubro de 2016, foram coletadas seis amostras microbiológicas das mãos dos cirurgiões, das mesas cirúrgicas e do ar no bloco cirúrgico de

pequenos animais do Centro Clínico Veterinário (CCV) do UNIPAM, no momento em que se realizaram os procedimentos cirúrgicos.

Para a análise do ar foi utilizada a técnica de sedimentação simples em placa, preconizada pela American Public Health Association (APHA, 1998 *apud* DIAS; JÚNIOR; SOUZA, 2015), deixando expostos durante toda a cirurgia (em torno de 1 hora) os meios de cultura Mac Conkey (MC), Ágar Sal Manitol (SM) e Ágar Batata Dextrose (PDA).

Para a avaliação da contaminação das superfícies foi utilizada a técnica com *swab* estéril indicada pela APHA (1998 *apud* DIAS; JÚNIOR; SOUZA, 2015). Os pontos de coleta foram as superfícies de mesas cirúrgicas e as mãos dos discentes, antes das cirurgias. A área coletada foi explorada pelos *swabs*, friccionando-os 15 vezes horizontalmente e 15 vezes verticalmente, em movimentos de sentido oposto. Na coleta do material das mãos, os *swabs* foram friccionados com movimentos giratórios da região dos punhos até a extremidade dos dedos, voltando ao punho em seguida, repetindo-se três vezes o procedimento na direção de cada dedo (ALMEIDA *et al.*, 1995).

Os *swabs* foram imediatamente colocados em tubos de ensaio estéreis, contendo 0,5mL de solução salina 85%.

3.2. Análises laboratoriais

As amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas e transportadas imediatamente para o Laboratório de Microbiologia de Água e Alimentos, bloco D, do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, onde foram semeadas em meios de cultura. Após um período, no qual as placas foram colocadas em estufas, foi feita a análise dos parâmetros morfológicos e de presença/ausência de fungos e de bactérias.

Para o isolamento de fungos foram feitas estrias em duplicatas de placas de Petri, contendo o Ágar Batata Dextrose (PDA), sendo estas incubadas a 25° C, entre 5 e 7 dias.

Para quantificação de bactérias, foi utilizado o mesmo método, em placas contendo o meio de cultura Ágar Sal Manitol (SM) e Mac Conkey (MC), incubadas a 35/37° C, por 24/48 horas, em posição invertida. Para as colônias típicas de bactérias presentes nestes meios, foi realizada a coloração de Gram. Logo após, elas foram observadas em um microscópio óptico para identificar sua morfologia a partir da coloração presente.

Para verificar a presença de *E. coli*, utilizou-se o método de estrias, em placas contendo o meio de cultura Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB), sendo incubadas a 35/37°C, por 24/48 horas, em posição invertida. De acordo com a coloração presente nas colônias formadas no EMB, julgou-se necessária a coloração de Gram, para determinação de bacilos Gram negativos, e posteriormente, provas bioquímicas, Tríplice Açúcar e Ferro (TSI), Sulfeto-Indol-Motilidade (SIM) e Citrato-Simmons (CS).

4. Resultados e discussão

Ao analisar o ar do ambiente cirúrgico a partir das placas de PDA para o crescimento de fungos, foi possível observar a proliferação tipo filamentosos em todas as cirurgias (100%); entretanto, a amostra da cirurgia 4 apresentou crescimento concomitante de fungos leveduriformes. Houve o desenvolvimento de colônias bacterianas no meio de

cultura SM (seletivo para bactérias Gram-positivas). Pôde-se constatar o crescimento de colônias de estafilococos em todas as amostras analisadas (100%), sendo que nas análises 4 e 6, ainda houve crescimento de colônias de bacilos. Não houve crescimento de bactérias no meio MC (específico para o desenvolvimento de bactérias Gram-negativas). Todos esses resultados estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Presença ou ausência de crescimento de microrganismos em placas contendo os meios de cultura PDA, SM e MC coletados do ar da sala cirúrgica em diferentes cirurgias.

Cirurgia	Ar		
	PDA	SM	MC
1	Presente	Presente	Ausente
2	Presente	Presente	Ausente
3	Presente	Presente	Ausente
4	Presente	Presente	Ausente
5	Presente	Presente	Ausente
6	Presente	Presente	Ausente

PDA, Ágar Batata Dextrose.

SM, Ágar Sal Manitol.

MC, Mac Conkey.

Moraes *et al.* (2012) também observaram o crescimento de fungos através de amostras do ar coletadas, utilizando-se placas Brain heart ágar (BHI) que permaneciam durante as cirurgias e no período noturno no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária do Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos (UNIFEOB), em São João da Boa Vista, São Paulo. Esses microrganismos cresceram em maior quantidade nas placas deixadas próximo à porta do centro cirúrgico. Dias, Júnior e Souza (2015), em estudo realizado nos setores de Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba, relataram crescimento bacteriano de *Staphylococcus* sp. em 55% (22/40) das placas de Ágar Manitol, e Enterobactérias em 12,5% (5/40) das placas de Ágar Mac Conkey, na avaliação da contaminação do ar. Resultados inferiores ao presente trabalho para a placa SM (100%) e superior para a placa MC (0%).

Analisando-se a proliferação de fungos nas mãos dos cirurgiões, através do meio PDA, foi possível verificar o crescimento de colônias filamentosas na cirurgia 1 (16,67%) e leveduriformes na cirurgia 3 (16,67%). Quando avaliado o crescimento bacteriano no meio SM, observou-se a proliferação de bacilos Gram-positivos na amostra 2 (16,67%) e estafilococos Gram-positivos na amostra 3 e 5 (33,34%). Houve crescimento de microrganismos no meio de cultura EMB na amostra 5; entretanto, a colônia não apresentou características de *E. coli*, já que não tinha uma coloração verde brilhante. Todos os resultados estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Presença ou ausência de crescimento de microrganismos em placas contendo os meios de cultura PDA, SM e EMB coletados das mãos dos cirurgiões em diferentes cirurgias.

Cirurgia	Mãos dos cirurgiões		
	PDA	SM	EMB
1	Presente	Ausente	Ausente
2	Ausente	Presente	Ausente
3	Presente	Presente	Ausente
4	Ausente	Ausente	Ausente
5	Ausente	Presente	Presente
6	Ausente	Ausente	Ausente

PDA, Ágar Batata Dextrose.

SM, Ágar Sal Manitol.

MC, Mac Conkey.

Estudos avaliando a contaminação ambiental de clínicas, centros de recuperação e hospital veterinário, apontaram a presença de variadas espécies de fungos e bactérias, algumas com alto potencial patogênico para os animais, principalmente os imunocomprometidos e aqueles submetidos a grandes períodos de internação ou a procedimentos invasivos (MATTEI *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2007; XAVIER *et al.*, 2008). Desta forma, o estudo sobre as micoses em animais adquiriu importância, pois muitas espécies de fungos leveduriformes e filamentosos, que anteriormente eram tidos como não patogênicos, têm contribuído como agentes oportunistas, causando enfermidades nestes hospedeiros (SPANAMBERG *et al.*, 2009).

Bactérias como os *Staphylococcus* spp. são amplamente distribuídas na natureza, sem espécie específica, e podem fazer parte da microbiota normal da pele e das mucosas de aves e mamíferos (ACHA; SZYFRES, 1989). Considerado um dos principais patógenos para humanos e animais, o *Staphylococcus aureus* provoca diversas enfermidades, como lesões superficiais e até severas infecções sistêmicas (AVANCINI; GONZÁLES, 2014).

Avaliando a proliferação de fungos nas mesas cirúrgicas, observou-se o desenvolvimento de colônias do tipo filamentoso na cirurgia 3, 4 e 5 (50%) e concomitantemente do tipo leveduriforme na cirurgia 3. Quando observado o crescimento bacteriano, estes ocorreram somente no meio SM nas amostras 3 e 6, apresentando estafilococos Gram-positivos. Todos os resultados estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Presença ou ausência de crescimento de microrganismos em placas contendo os meios de cultura PDA, SM e EMB coletados das mesas cirúrgicas em diferentes cirurgias

Cirurgia	Mesas Cirúrgicas		
	PDA	SM	EMB
1	Ausente	Ausente	Ausente
2	Ausente	Ausente	Ausente
3	Presente	Presente	Ausente

4	Presente	Ausente	Ausente
5	Presente	Ausente	Ausente
6	Ausente	Presente	Ausente

PDA, Ágar Batata Dextrose.

SM, Ágar Sal Manitol.

MC, Mac Conkey.

Avancini e Gonzáles (2014) relatam que, mesmo conhecendo a importância do monitoramento microbiológico e a higienização de superfícies fixas existentes em um ambiente hospitalar veterinário, encontram-se poucos trabalhos nesta área, sendo este tema de extrema relevância na epidemiologia das infecções hospitalares.

Avaliando os resultados referentes à carga bacteriana da superfície da mesa cirúrgica do Centro Clínico Veterinário do UNIPAM, pode-se compará-los com o trabalho de Andrade, Angerami e Padovani (1992), que também observaram a presença de bactérias do gênero *Staphylococcus* spp., além de *Enterobacter* spp. Avancini e Gonzáles (2014) observaram, a partir de três coletas na mesa cirúrgica do setor de pequenos animais do hospital de clínicas veterinárias de uma instituição de ensino superior, a presença de *Cocobacilo* não fermentador, de *Acinetobacter iwoffii* e de *Staphylococcus* coagulase negativa, sendo que era, para a desinfecção dessas superfícies, era feito o uso de álcool glicerinado 70% e hipoclorito de sódio em concentração não informada.

Bardaquim (2011), avaliando o centro cirúrgico de médio porte na cidade de São Carlos, São Paulo, no período pré-operatório de cirurgias ortopédicas eletivas, observou em suas coletas que em 93% destas, houve crescimento de microrganismos nas mesas cirúrgicas, e que destes, 75% eram *Staphylococcus* spp.

Quanto à proliferação fúngica, Mattei (2010), avaliando 520 amostras de superfícies em um hospital veterinário de pequenos animais, duas clínicas veterinárias, três pet shops e dois consultórios veterinários localizados na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, obteve em seus resultados um índice de contaminação por fungos de 79%, sendo destes 52,5% antes da desinfecção do local e 47,4% após a desinfecção, sendo a sala cirúrgica o ambiente com menos unidades formadoras de colônia (8,04 UFC/cm²) antes da desinfecção.

Apesar de *E. coli* não estar presente em nenhuma das amostras analisadas, fato também ocorrido no estudo realizado por Avancini e Gonzáles (2014), esta esteve presente em amostras de sedimentação do ar nos ambulatórios do Hospital Veterinário da UFCG, Paraíba, como destacado por Dias, Júnior e Souza (2015), que ainda a ressaltam como causa de infecção hospitalar. Holt *et al.* (1994) afirmam que essa bactéria é a maior causadora de infecções urinárias, meningite e septicemia hospitalares. Ainda podem causar doenças diarreicas, caso a cepa infectante produza enterotoxinas e outros fatores de virulência, incluindo fatores de colonização e invasinas.

Como a maior parte das coletas foi feita em meses de clima frio, a proliferação dos microrganismos pode ter sofrido alguma influência, porém mesmo assim, observou-se a presença de microrganismos com maior frequência nas análises do ar, sendo estes: bactérias Gram-positivas e fungos filamentosos e leveduriformes. Isso se deve ao fato de

não haver um controle deste ar presente no centro cirúrgico, além de os fungos serem microrganismos de difícil controle. Sugere-se, então, o monitoramento do mesmo.

Mesmo existindo procedimentos de antissepsia para a realização das cirurgias, foi identificada a presença de microrganismos de caráter normal à flora bacteriana das mãos (estafilococos Gram-positivos), os quais podem ter sido agravados devido à utilização de uma esponja de uso comum aos discentes e docentes, que está exposta ao ambiente, podendo ser um reservatório de fungos e bactérias.

A baixa ocorrência de identificação de microrganismos na mesa cirúrgica demonstra sua correta desinfecção após cada procedimento cirúrgico, contribuindo com significância para a recuperação pós-operatória do animal.

5. Conclusão

Houve crescimento de colônias bacterianas e fúngicas (filamentosas e leveduri-formes) no ar da sala cirúrgica de pequenos animais do Centro Clínico Veterinário (CCV) do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, além da presença destas colônias nas mãos dos cirurgiões e na mesa cirúrgica. Não houve a formação de colônias características de *Escherichia coli*.

Referências

ACHA, P. N.; SZYFRES, B. *Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales*. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1989. Publicación Científica n. 503.

ALMEIDA, R. C. C.; KUAYE, A. Y.; MELO, A.; SERRANO, P. F. D. A. *Avaliação e controle da qualidade microbiológica de mãos de manipuladores de alimentos*. (1995). Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/rsp/v29n4/06.pdf>> Acesso em: 27 Fev. 2016.

ANDRADE, D.; ANGERAMI, E. L.; PADOVANI, C. R. *Condição microbiológica dos leitos hospitalares antes e depois de sua limpeza*. (1992). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102000000200010&script=sci_arttext> Acesso em: 08 Fev. 2016.

ANDRADE, N. J. *Higiene na indústria de alimentos*. São Paulo: Varela, 2008.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies*. (2010). Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/4ec6a200474592fa9b32df3fbc4c6735/Manual+Limpeza+e+Desinfeccao+WEB.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 18 Fev. 2016.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Serviços Odontológicos: Prevenção e Controle de Riscos*. (2007). Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servico-saude/manuais/manual_odonto.pdf> Acesso em: 28 Fev. 2016.

AVANCINI, C. A. M.; GONZÁLES, N. H. Micro-organismos isolados em superfícies de mesas de exames e procedimentos descontaminadas de hospital veterinário e a inativação *in vitro* por desinfetantes. *Vet. e Zootec.* 21(3): 440-450, set. 2014.

BOHNER, T. O. L.; BOHNER, L. O. L.; CASSOL, P. B.; PESSOA, A. C. M. *Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar em contribuição à educação ambiental.* (2011). Disponível em: <<http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/3889/2258>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

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). Disponível em: <http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/8/TDE-2009-12-18T071538Z-2118/Publico/texto%20completo.pdf> Acesso em: 18 Fev. 2016.

BRASIL. Resolução n.º 176, de 24 de outubro de 2000. *Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo*, Diário Oficial da União, Brasília, pp. 32-33, 25 out. 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Higienização das mãos em serviços de saúde.* Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2007.

COELHO, A. Í. M.; MILAGRES, R. C. R. M.; MARTINS, J. D. F. L.; AZEVEDO, R. M. C.; SANTANA, Â. M. C. Contaminação microbiológica de ambientes e de superfícies em restaurantes comerciais. *Ciênc. Saúde Col.*, 15(1):1597-1606, 2010.

CRMVRJ. Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado do Rio de Janeiro. *Manual do Médico Veterinário e do Zootecnista.* (2004). Disponível em: <http://www.crmvrj.org.br/wp-content/uploads/2013/05/Manual_MedVet-Zoo.pdf> Acesso em: 28 Fev. 2016.

CUSTÓDIO, J.; ALVES, J. F.; SILVA, F. M.; VON DOLINGER, E. J. O.; SANTOS, J. G. S.; BRITO, D. V. D. *Avaliação microbiológica das mãos de profissionais da saúde de um hospital particular de Itumbiara, Goiás.* (2009). Disponível em: <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/cienciasmedicas/article/view/649/629>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

DIAS, R. A.; JÚNIOR, F. G.; SOUZA, A. P. *Avaliação da contaminação bacteriana nos setores de Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais do Hospital Veterinário da UFCG, PB.* (2015). Disponível em: <http://www.rbmv.com.br/pdf_artigos/31-08-2015_11-59RBMV%200132.pdf> Acesso em: 08 Fev. 2016.

ESTEVES, D. C.; SILVA, H. P. D. S.; PINTO, K. SONVESSO, B. L.; KELLER, R.; RODRIGUES, M. V. P. *Avaliação de conservação da viabilidade de staphylococcus aureus e escherichia coli sob influência de fluídos biológicos em superfícies secas.* (2014). Disponível em: <<http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/cv/article/view/1193/1256>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

GALETTI, F. C. S.; AZEVEDO, A. P.; AZEVEDO, R. V. P. Avaliação do perfil de sensibilidade a antissépticos, desinfetantes e antibióticos (ristograma), de bactérias isoladas de manipuladores, superfícies de contato e alimentos, durante o processo de produção de frango xadrez e alcatra ao molho. *Hig. Alim.*, 19(120):91-99, 2005.

HOLT, J. G.; KRIEG, N. R.; SNEATH, P. H. A.; STALEY, J. T.; WILLIAMS, S. T. Facultatively anaerobic gram-negative rods. *Bergey's Manual of determinative bacteriology*. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994.

JAWAD, A.; HERITAGE, J.; SNELLING, A. M.; GASCOYNE-BINZI, D. M.; HAWKEY, P. M. *Influence of Relative Humidity and Suspending Menstrua on Survival of Acinetobacter spp. on dry surfaces*. (1996). Disponível em: <<http://jcm.asm.org/content/34/12/2881.short>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

JERÔNIMO, H. M. A.; QUEIROGA, R. D. C. R. D.; COSTA, A. C. V. D.; BARBOSA, I. D. M.; CONCEIÇÃO, M. L. D.; SOUZA, E. L. D. Ocorrência de *Staphylococcus* spp. e *S. aureus* em superfícies de preparo de alimentos em unidades de alimentação e nutrição. *Nutrire: Rev Soc Bras Alim.*, 36(1):37-48, 2011.

KASNOWSKI, M. C.; MANTILLA, S. P. S.; OLIVEIRA, L. A.; FRANCO, R. M. *Formação de biofilme na indústria de alimentos e métodos de validação de superfícies*. (2010). Disponível em: <http://www.faeF.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/fxPTiYWer-LkT9Si_2013-6-25-16-32-0.pdf> Acesso em: 28 Fev. 2016.

KAWAGOE, J. Y. *Higiene das mãos: comparação da eficácia antimicrobiana do álcool – formulação gel e líquida – nas mãos com matéria orgânica*. (2004). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/7/7139/tde-17112006-095710/pt-br.php>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

KUMARASAMY, K. K. *et al.* Bactérias e infecção hospitalar. *The Lancet Infectious Diseases*. (2010). Disponível em: <http://www.saudedireta.com.br/docsupload/1365162190ABC_parte_002.pdf> Acesso em: 01 Mar. 2016.

KUSUMANINGRUM, H. D.; RIBOLDI, G.; HAZELEGER, W. C.; BEUMER, R. R. Survival of food-borne pathogens on stainless steel surfaces and cross-contamination to foods. *Int J Food Microbiol.*, 85(3):227-236, 2003.

LABARTHE, N.; PEREIRA, M. E. C. *Biossegurança na experimentação e na clínica veterinária pequenos animais*. (2008). Disponível em: <<http://www.rcvt.org.br/suplemento11/153-157.pdf>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

LARSON, E. *Skin Hygiene and Infection Prevention: more of the same or different approaches?* (1999). Disponível em: <<https://cid.oxfordjournals.org/content/29/5/1287.short>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

- MANGRAM, A. J.; HORAN, T. C.; PEARSON, M. L.; SILVER, L. C.; JARVIS, W. R. *Guideline for prevention of surgical site infection, 1999*. *American Journal of Infection Control*, 27(2):97-134, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019665539970088X>> Acesso em: 28 Fev. 2016.
- MATTEI, A. S. *Pesquisa de fungos com potencial patogênico em ambientes e equipamentos de uso veterinário e avaliação da desinfecção hospitalar*. (2010). Disponível em: <http://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/2555/1/dissertacao_antonnella_mattei.pdf> Acesso em: 08 Fev. 2016.
- MATTEI, A.S.; MADRID, I.; COIMBRA, H.; CLEFF, M.; XAVIER, M.; MARTINS, A.; FONSECA, A. MEIRELERS, M.; NOBRE, M. Isolamento de fungos filamentosos em hospital e clínicas veterinárias. In: *Anais do XVII Congresso Estadual de Medicina Veterinária*. Gramado, 2006.
- MEDEIROS, A. C.; AIRES NETO, T.; DANTAS FILHO, A. M.; JUNIOR, P.; LEITE, F. E.; UCHÔA, R. A. C.; CARVALHO, M. R. D. *Infecção hospitalar em pacientes cirúrgicos de hospital universitário*. (2003). Disponível em: <http://www.repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/1/6616/1/FranciscoELPJ_Infec%C3%A7%C3%A3o_15182.pdf> Acesso em: 08 Fev. 2016.
- MEDEIROS, M. A. S.; LIMA, J. S.; FERREIRA, N. S.; VITORINO, L. C.; SOARES, M. P. Qualidade microbiológica do ar em ambientes de uma instituição de ensino do sudoeste goiano. *Sci Technol.*, Rio Verde, 5(3):36-46, nov./dez. 2012.
- MORAES, M. E.; SILVA, A. R. C.; ORIANI, M. R. G.; OLIVEIRA, P. C. Controle de infecção cirúrgica: contaminação em centro cirúrgico de pequenos animais. *Pubvet*, Londrina, 6(25): 1411-1416, 2012.
- NOGUEIRA, P. S. F.; MOURA, E. R. F.; COSTA, M. M. F.; MONTEIRO, W. M. S.; BRONDI, L. *Perfil da Infecção Hospitalar em um Hospital Universitário*. (2009). Disponível em: <<http://www.facenf.uerj.br/v17n1/v17n1a18.pdf>> Acesso em: 08 Fev. 2016.
- PANAGOPOULOU, P.; FILIOTI, J.; PETRIKKOS, G.; GIAKOUPI, P.; ANATOLIOTAKI, M.; FARMAKI, E.; KANTA, A.; APOSTOLAKOU, H.; AVLAMI, A.; SAMONIS, G.; ROILIDES, E. *Environmental surveillance of filamentous fungi in three tertiary care hospitals in Greece*. (2002). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1053/jhin.2002.1298>> Acesso em: 08 Fev. 2016.
- PEREIRA, M. S.; MORIYA, T. M.; GIR, E. *Infecção hospitalar nos hospitais escola: uma análise sobre seu controle*. (1996). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rlae/v4n1/v4n1a13.pdf>> Acesso em: 28 Fev. 2016.
- PEREIRA, R. G.; REIS, D.; AMBRÓSIO, G. N.; RADDI, M. S. G.; PEDIGONE, M.; MARTINS, C. Bioerosões bacterianas em um hospital. *Rev. Ciên. Farm. Básica e Aplicada*, 26(1):77-81, 2005.
- POLETTI, K. Q.; REIS, C. *Suscetibilidade antimicrobiana de uropatógenos em pacientes ambulatoriais*

riais na Cidade de Goiânia, GO. (2005). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v38n5/a11v38n5>> Acesso em: 18 Fev. 2016.

POVEDA, V. B.; GALVÃO, C. M.; HAYASHIDA, M. *Análise dos fatores de risco relacionados à incidência de infecções do sítio cirúrgico em gastrocirurgias*. (2003). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/reeusp/v37n1/10.pdf>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

QUADROS, M. E.; LISBOA, H. D. M.; OLIVEIRA, V. L. D.; SCHIRMER, W. N. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 14(3):431-438, 2009.

RODRIGUES, E. M. C. *Infecção de Sítio Cirúrgico em Cães e Gatos na Rotina do Bloco Cirúrgico de Hospital Veterinário Universitário em Porto Alegre, no ano de 2012*. (2013). Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/75677/000891702.pdf?sequence=1>> Acesso em: 08 Fev. 2016.

SANTOS, L. R.; SCALCO NETO, J. F.; RIZZO, N. N.; BASTIANI, P. V.; RODRIGUES, L. B.; FERREIRA, D.; SCHWANTS, N.; BARCELLOS, H. H. A.; BRUN, M. V. *Avaliação dos procedimentos de limpeza, desinfecção e biossegurança no Hospital Veterinário da Universidade de Passo Fundo (HV-UPF)*. (2007). Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/actavet/35-3/artigo747.pdf>> Acesso em: 08 Fev. 2016.

SANTOS, W. G.; DINIZ, R. C.; CARVALHO, I. A.; FREITAS, P. M. C. F. *Infecção Hospitalar em Medicina Veterinária*. (2012). Disponível em: <<http://www.crmvmg.org.br/revistavz/revista13.pdf>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

SEGUIN, J. C.; WALKER, R. D.; CARON, J. P.; KLOSS, W. E.; GEORGE, C. G.; HOLLIS, R. J.; JONES, R. N.; PFALLER, M. A. *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus outbreak in a Veterinary Teaching Hospital: potential human-to-animal transmission*. (1999). Disponível em: <<http://jcm.asm.org/content/37/5/1459.short>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

SILVA, A. C. N.; BERNARDES, R. S.; MORAES, L. R. S.; REIS, J. D. P. Critérios adotados para seleção de indicadores de contaminação ambiental relacionados aos resíduos sólidos de serviços de saúde: uma proposta de avaliação. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 18(5): 1401-1409, 2002.

SOUSA, K. S.; FORTUNA, J. L. Microrganismos em ambientes climatizados de consultórios odontológicos em uma cidade do extremo sul da Bahia. *Revista Baiana de Saúde Pública*, 35(2):250-263, 2011.

SPANAMBERG, A.; SANCHES, E.; SANTURIO, J.; FERREIRO, L. Mastite micótica em ruminantes causada por leveduras. *Ciência Rural*. 39(1):282-290, 2009.

THOMAZ, S. M. *O papel ecológico das bactérias e teias alimentares microbianas em ecossistemas*

aquáticos. (1999). Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/limnologia/Perspectivas/arquivo%20pdf/Capitulo%2010.pdf>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

WEESE, J. S.; CALDWELL, F.; WILEY, B. M.; KREISWIRTH, B. N.; MCGEER, A.; ROUSSEAU, J.; LOW, D. E. *An outbreak of methicillin-resistant Staphylococcus aureus skin infections resulting from horse to human transmission in a veterinary hospital*. (2006). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113505004402>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

WIDMER, A. F.; ROTTER, M.; VOSS, A.; NTHUMBA, P.; ALLEGRANZI, B.; BOYCE, J.; PITTET, D. *Surgical hand preparation: State-of-the-art*. (2010). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195670109002576>> Acesso em: 28 Fev. 2016.

XAVIER, M.O.; MEINERZ, A.R.M.; CLEFF, M.B.; OSÓRIO, L.G.; SCHUCH, L.F.D.; NOBRE, M.O.; SILVA FILHO, R.P.; MEIRELES, M.C.A. Eficácia da clorexidina-cetrimida na desinfecção ambiental contra *Aspergillus* spp. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 60(4):873-877, 2008.

Análise da implantação da NBR ISO 14.001 no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)

*Analysis of the implantation of NBR ISSO 14.001 at the
Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)*

Jaqueline Luisa Silva

Graduanda em Engenharia de Produção - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.
e-mail: jaquelineluisaa@gmail.com

Juan Pablo Silva Moreira

Graduando em Engenharia de Produção - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.
e-mail: juan.b7@hotmail.com

Tiago Santos e Souza

Professor do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.
e-mail: tiagoss@unipam.edu.br

Resumo: Ao longo dos últimos anos, a questão ambiental tem sido tema de muitas discussões, devido à necessidade de conservação dos recursos naturais e da relação estritamente predatória do homem com a natureza. Neste sentido, o presente projeto tem como objetivo analisar o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em implantação conforme requisitos de certificação da NBR ISO 14.001 no Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, através da identificação de práticas planejadas e/ou realizadas, do parecer da auditoria de certificação e da percepção dos colaboradores e alunos. Através deste trabalho, pode-se evidenciar que a instituição adquiriu vários benefícios com a implantação do SGA, tais como a regularização dos processos ambientais, a redução de resíduos, bem como a melhor utilização do tempo e dos recursos.

Palavras-chave: Sistema de Gestão Ambiental. Certificação. NBR ISO 14.001.

Abstract: Over the last years, the environmental issue has been the subject of many discussions, due to the need to conserve natural resources and the strictly predatory relationship between man and nature. In this sense, the present project aims to analyze the Environmental Management System (EMS) in implementation, according to the certification requirements of the NBR ISO 14.001 at the Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, through the identification of planned and/or performed practices, the certification audit opinion and the perception of employees and student. Through this work, it can be evidenced that the institution acquired several benefits with the implementation of the EMS, such as the regularization of environmental processes, waste reduction, as well as the best use of time and resources.

Keywords: Environmental Management System. Certification. NBR ISO 14.001.

1. Introdução

Ao longo dos últimos anos, a questão ambiental tem sido tema de muitas discussões, devido à necessidade de conservação dos recursos naturais e da relação estritamente predatória do homem com a natureza (DRUZZIAN e SANTOS, 2006). Porém, com o crescimento populacional da espécie humana e com os constantes avanços tecnológicos, manter o equilíbrio ecológico tornou-se um dos maiores desafios da sociedade. Dessa forma, percebeu-se que era preciso buscar alternativas para gerenciar de forma mais efetiva os aspectos ambientais provenientes das atividades produtivas.

Neste sentido, a partir da década de 70, o ser humano passou a tomar consciência de que era preciso adotar novas práticas no modelo de gerenciamento de atividades econômicas e tecnológicas, e que era preciso analisar e refletir sobre o padrão de desenvolvimento adotado (GODART, 1996). Segundo Seiffert (2007), essa percepção teria levado a humanidade a repensar o seu modelo de desenvolvimento, em decorrência das constantes agressões ambientais e dos nocivos impactos causados à natureza, resultando no surgimento de uma nova abordagem de desenvolvimento. Assim, surge o conceito de desenvolvimento sustentável.

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento elaborou o conceito de “Desenvolvimento Sustentável”, com os seguintes dizeres: “é o desenvolvimento que atende às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987).

Diante da questão descrita, vários setores da sociedade têm sido influenciados de diferentes formas. Os autores Butzke, Pereira e Noebaur (2002) afirmam que, para que ocorra uma melhoria na qualidade ambiental, é necessário que haja mudança de comportamento dos indivíduos e da sociedade como um todo, tanto em suas atividades profissionais quanto na execução de tarefas rotineiras. É essencialmente importante que ocorra um processo educativo de conscientização ambiental tanto no âmbito profissional quanto social.

A necessidade do desenvolvimento da consciência ecológica se dá em todas as áreas e campos das atividades produtivas, inclusive no setor da educação, a exemplo das Instituições de Ensino Superior (IES), que têm como função gerar e transmitir conhecimento com excelência, levando aos alunos o exemplo do cumprimento de boas práticas também em quesitos ambientais. Sendo assim, faz-se necessário o uso de ações corretivas e preventivas que auxiliem em práticas ambientais nas empresas e instituições.

Para isso, as mesmas estão investindo no chamado Sistemas de Gestão Ambiental – SGA (TAUCHEN e BRANDLI, 2006). Para Kraemer (2005), a implantação do SGA auxilia para que a organização desenvolva procedimentos que auxiliem no gerenciamento ou administração de uma organização, de forma a obter o melhor relacionamento com o meio ambiente. As autoras Campos e Melo (2008) salientam que, como a metodologia SGA se adapta à realidade do empreendimento, é possível estabelecer métodos e o objetivos que auxiliem de forma efetiva no desempenho ambiental, garantindo uma melhor utilização dos recursos organizacionais.

Neste sentido, para que o SGA se torne uma ferramenta estratégica e traga um diferencial competitivo para as empresas, as mesmas devem se basear na norma ABNT/

NBR ISO 14.001/04 para receber as certificações ambientais. A implementação de um SGA, mais especificamente o padrão da norma NBR ISO 14.001, faz com que os processos possam ser periodicamente avaliados por auditorias ambientais, sendo necessária a busca por procedimentos, métodos e práticas comportamentais menos nocivas ao meio ambiente. De acordo com a norma ABNT/NBR ISO 14.001/04,

um sistema de Gestão Ambiental tem como objetivo definir um conjunto de procedimentos, atividades, estruturas organizacionais e controles utilizados por uma organização de forma a auxiliá-la a gerenciar e a controlar as atividades, produtos e serviços que possam interagir com o meio ambiente. A finalidade dessa norma é equilibrar a proteção ambiental e a prevenção da poluição com as necessidades socioeconômicas.

Segundo Rodrigues, Oliveira e Pilatti (2007), os centros universitários brasileiros ainda encontram sérias dificuldades para incorporar práticas de ações ambientais à formação de recursos humanos, devido a diversos fatores, como: abordagem da questão ambiental de forma setorial e multidisciplinar, dificuldade de implementar procedimentos de avaliação periódica e adequação a constantes variações na legislação ambiental aplicável e disponibilidade de profissionais capacitados e de recursos financeiros.

Pesquisas mostram que medidas de gestão ambiental melhoram a imagem da empresa (reputação), trazendo maior competitividade, redução de custos, conformidade legal, além de minimizar riscos com acidentes. Nessa contextualização, torna-se necessária a adoção de um comportamento ambientalmente correto nas IES, para haver condições de se agregar mais valor na formação dos alunos e transmitir à população o exemplo no cumprimento de boas práticas ambientais (CAMPOS; MELO, 2008).

2. Objetivos

O presente projeto tem como objetivo analisar o Sistema de Gestão Ambiental em implantação conforme requisitos de certificação da NBR ISO 14001 no Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM, através da identificação de práticas planejadas e/ou realizadas, do parecer da auditoria de certificação e da percepção dos colaboradores e alunos. Além disso, analisar as principais dificuldades identificadas durante o processo de implantação.

3. Justificativa

O Brasil vive um momento de profundas transformações, passando por crises econômicas, sociais, educacionais e ambientais, e com isso o país é desafiado a romper paradigmas e encontrar soluções inteligentes e funcionais, com foco na sustentabilidade. “Como possuímos o maior estoque de recursos naturais do planeta, cabe-nos preservá-lo para as presentes e futuras gerações através de bons negócios ambientais” (CAMARGO, 2003).

De acordo com Almeida (2002) para que as organizações venham a ter uma satisfatória gestão sustentável dentro dos seus processos, é preciso levar em consideração

dois pontos. Primeiro, uma visão que leve em conta o tempo que a sociedade e o meio ambiente levam para lidar e recompor-se diante das decisões tomadas, identificando as ações preventivas e fortificando-as, bem como as negativas, restringindo-as ao máximo. A segunda consideração, está relacionada com as características e particularidades locais, como a necessidade de preservar o meio ambiente e garantir a continuidade da espécie humana na Terra.

De acordo com Côrrea (2003),

[...] para uma sociedade se manter estável e responsável, é preciso gerar inicialmente uma consciência ecológica na população, partindo do princípio da “alfabetização ecológica” que deverá ser iniciada dentro das Instituições de Ensino Superior (IES). Já que estas assumem o papel de gerarem e transmitirem conhecimento, construindo uma visão de um futuro sustentável, e preparando os alunos para o mercado de trabalho.

Assim, percebe-se que é dever das Instituições de Ensino Superior (IES) contribuir com a temática ambiental, já que assumem um papel de liderança na sociedade, criando caminhos que contribuam significativamente para uma sociedade mais justa. O ensino passado nas salas de aula, debates, palestras, projetos de iniciação científica e extensão proporcionam aos alunos e colaboradores conhecimentos necessários para rever hábitos e possivelmente mudar o estilo de vida.

Os processos de mudanças nos setores de uma IES devem sempre estar ligados com o desenvolvimento sustentável, pois as mesmas detêm as capacidades necessárias no que se refere à infraestrutura, à central de informações e aos conhecimentos. A incorporação dos temas de gestão ambiental no meio acadêmico permite aos alunos conhecer as boas práticas ambientais tanto na vida profissional quanto pessoal. Embora as mudanças possam trazer alguns desequilíbrios no início da fase de implantação, com o passar do tempo tem-se resultados valiosos e perceptíveis.

Para que uma IES, assim como as empresas, venha a ter um SGA, ela precisa receber a certificação da norma ABNT/NBR ISO 14.001/04, que tem por objetivo prover as organizações de elementos de um SGA eficaz, passível de integração com os demais objetivos da organização.

Dessa forma, o interesse por este estudo surgiu mediante a necessidade de analisar as práticas ambientais que estão concluídas, em fase de implementação ou que ainda devem ser implantadas para atender a todos os requisitos pertinentes de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) no Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. Com isso, almeja-se conhecer a percepção dos alunos e colaboradores da IES no que diz respeito às práticas de gestão ambiental, além de conhecer as principais dificuldades encontradas pela instituição.

Pretende-se desenvolver este projeto no UNIPAM por se tratar de uma instituição que se preocupa com o cumprimento de boas práticas, inclusive em quesitos ambientais. Além de ser destaque no processo de construção do saber, na formação de profissionais e no fornecimento de informações e conhecimentos, a instituição também tem como objetivo o desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável.

4. Revisão Bibliográfica

4.1. Sistemas de Gestão Ambiental

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) corresponde a um conjunto inter-relacionado de políticas, atividades e normas empresariais, técnicas e administrativas de um empreendimento que almeja adquirir melhor aceitação perante as legislações ambientais, bem como o gerenciamento e a redução de impactos lançados ao meio ambiente.

A implementação de um SGA constitui um procedimento para que os empreendedores, em um processo cíclico, identifiquem oportunidades para melhorias e para reduzir as atividades que causem maiores danos ambientais, melhorando, conseqüentemente, sua situação perante o mercado de atuação (ROVERE, *et al.*, 2000). Diante disso, a gestão ambiental parte do pressuposto de que há a incidência de cinco princípios básicos que podem auxiliar no desenvolvimento do SGA, identificados no quadro abaixo.

Quadro 1. Princípios da Implantação do SGA

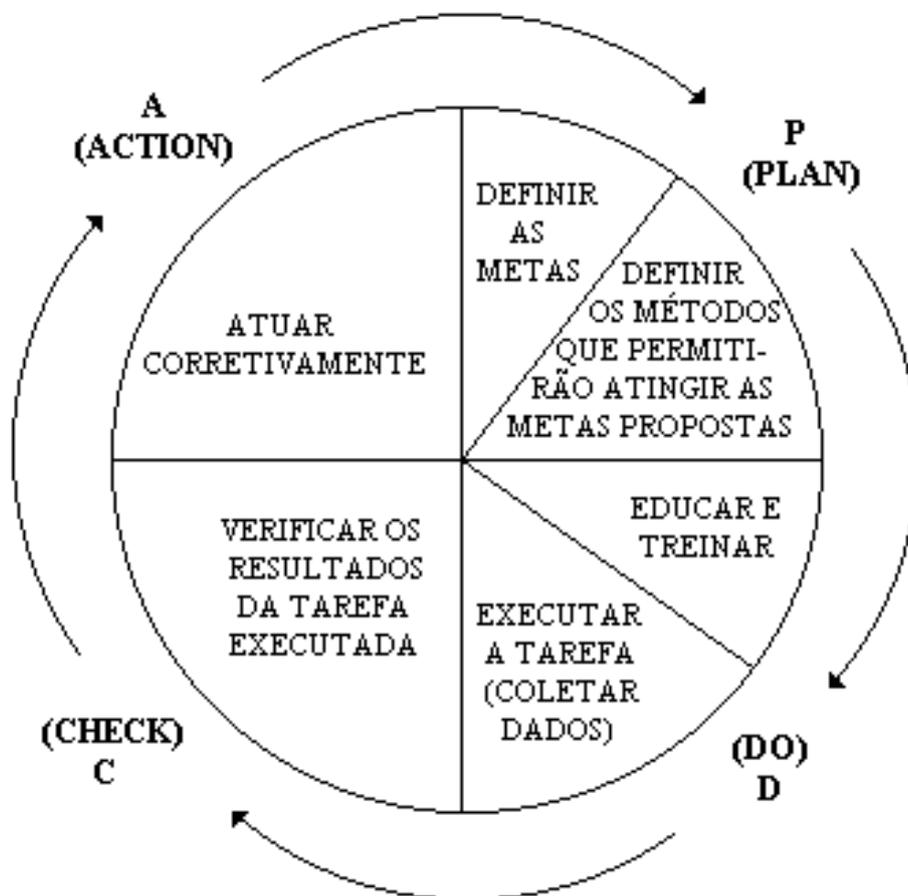
Princípio 1	Conhecer o que deve ser feito; assegurar comprometimento com o SGA e definir Política Ambiental.
Princípio 2	Elaborar um plano de ação para atender aos requisitos da política ambiental.
Princípio 3	Assegurar condições para o cumprimento dos objetivos e metas ambientais e implementar as ferramentas de sustentação necessárias.
Princípio 4	Realizar avaliações quali-quantitativas periódicas da conformidade ambiental da empresa.
Princípio 5	Revisar e aperfeiçoar a política ambiental, os objetivos e metas e as ações implementadas para assegurar a melhoria contínua do desempenho ambiental da empresa.

Fonte: Adaptado de (LA ROVERE, 2000)

Segundo Assumpção (2011), os parâmetros exigidos pelo SGA estão fundamentados nos conceitos do Sistema de Gerenciamento da Qualidade; da “Melhoria Contínua” e do “PDCA” (*Plan, Do, Check, Act*). O ciclo PDCA fornece uma análise dos processos com enfoque na melhoria. As suas etapas permitem a intervenção em um processo produtivo completo ou em qualquer atividade de uma empresa (ACADEMIA PEARSON, 2011).

Esse ciclo demonstra os procedimentos utilizados para a origem da melhoria contínua no processo produtivo. Trata-se de um modelo flexível no qual a melhoria contínua pode ser adquirida através de ciclos contínuos como em uma espiral evolutiva, conforme pode ser demonstrado na Figura 1:

Figura 1. Ciclo PDCA.



Fonte: Adaptado de Seiffert (2010).

Moreira (2006) afirma que a simplicidade do ciclo PDCA é a chave para o sucesso de qualquer sistema. Uma falha no desenvolvimento desses conceitos pode acarretar vários tipos de problemas para a empresa.

Há casos em que pouco se planeja e só depois de algum tempo, na fase de execução, é que percebem os erros e os prejuízos decorrentes. Há casos em que o planejamento é bom, a execução também, mas não são estabelecidos mecanismos eficazes de verificação, gerando um desconhecimento quanto à eficácia do sistema. Por último, há casos em que não são criadas rotinas para análise e tratamento dos problemas detectados na fase de verificação, comprometendo desta forma o desempenho global do sistema (MOREIRA, 2006, p. 88).

Sendo assim, o SGA é uma filosofia através da qual pode ser demonstrado como a organização que gerencia suas obrigações ambientais e suas falhas e a consequente busca de soluções são administradas.

4.2. Diferença entre Gestão Ambiental e Sistema de Gestão Ambiental

Sobre a ótica de Moreira (2006), a adoção da empresa pela Gestão Ambiental ocorre quando esta apresenta um mínimo atendimento às exigências dos órgãos ambientais e ao potencial de impactos ambientais gerados durante a sua produção. Ou seja, a organização adota uma postura reativa ou contrária às exigências para aderir a equipamentos e sistemas tecnológicos que causem redução ou diminuição da emissão de determinado resíduo no meio ambiente.

Por outro lado, uma empresa que implantou um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) adquire uma visão estratégica em relação ao Meio Ambiente: deixa de agir em função apenas dos riscos e passa a perceber também as oportunidades. A implantação do SGA proporciona o envolvimento de todos os setores da empresa. Nela são analisados todos os procedimentos relacionados à responsabilidade ambiental, posteriormente disseminados a cada departamento e seus respectivos setores, seja da área operacional, da seja área de compras, de projetos, de administração, de serviços gerais, etc.

4.3. Normas NBR ISO 14.001

A NBR ISO 14001 é uma norma referente ao Sistema de Gestão Ambiental. Essa certificação foi publicada em 1996 pela ISO e revisada em 2004 pelo mesmo órgão. Sua estrutura recente é baseada na norma BS 7750, publicada em 1999 pelo BSI. “A ISO 14001 trata dos sistemas de gestão ambiental, através de especificações e diretrizes para o uso, a empresa deve gerenciar seu processo produtivo de forma a não causar danos à natureza” (COLENGHI, 2007).

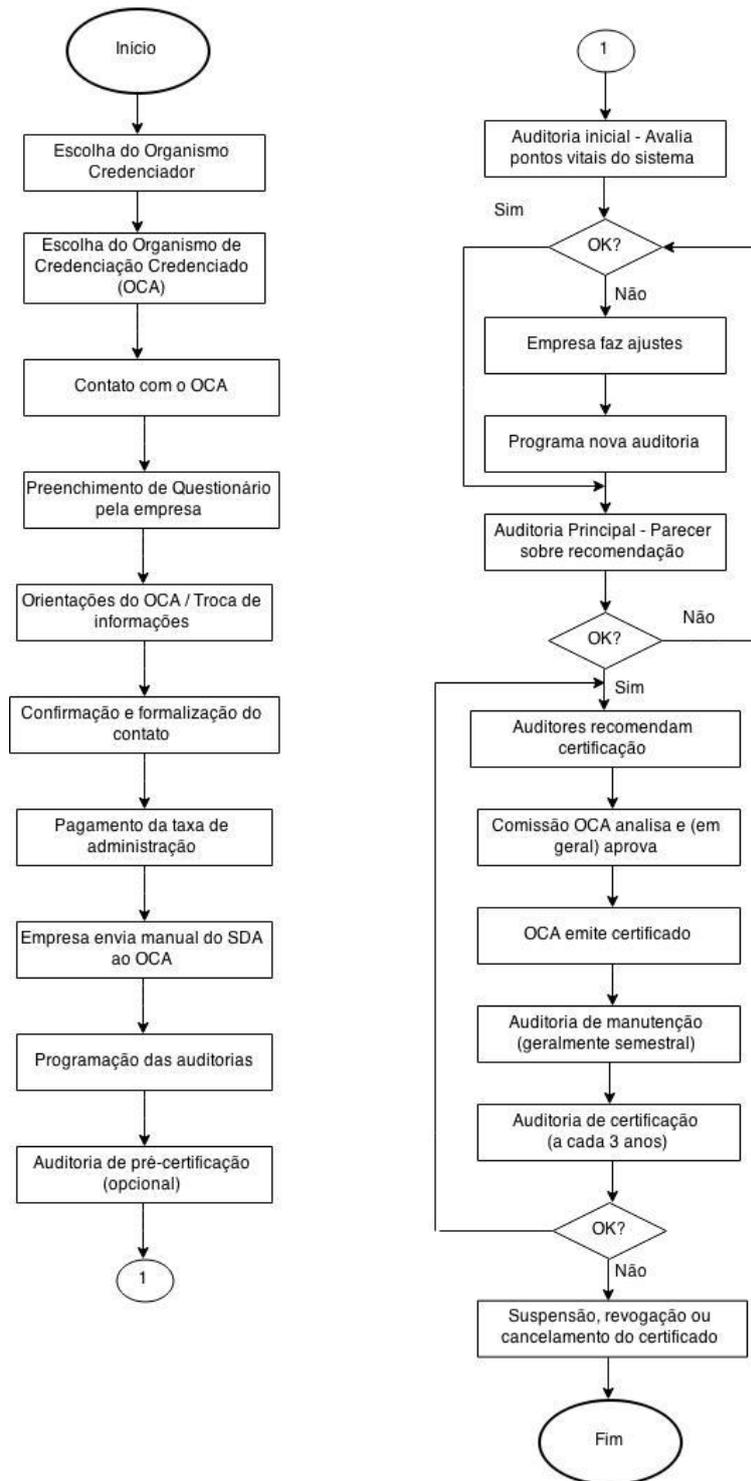
Desse modo, o objetivo da NBR ISO 14001 é especificar os requisitos necessários para a obtenção de um Sistema de Gestão Ambiental eficiente, permitindo a uma organização desenvolver e implementar uma política de objetivos que levem em conta os requisitos legais e outros requisitos por ela subscritos e informações referentes aos aspectos ambientais significativos (MOREIRA, 2006). Cerqueira (2012) explica que a norma ISO 14001 possui diretriz diferentes para as empresas e para os produtos:

4.4. Processos de Certificação do SGA

Tanto a adoção dos modelos normativos de gestão pela empresa quanto a candidatura ao certificado são opcionais. A grande vantagem do certificado consiste na facilidade com que a empresa demonstra publicamente sua conformidade a padrões reconhecidos em âmbitos nacional e internacional (MOREIRA, 2006).

Segundo Almeida (2011), a maioria dos processos de certificação obedece basicamente ao fluxograma apresentado na figura a seguir, com algumas variações, dependendo do organismo de certificação.

Figura 2. Processos de Certificação



Fonte: ABNT (2004)

A auditoria de pré-certificação, embora opcional, é altamente aconselhável: trata-se de uma simulação da auditoria propriamente dita, uma oportunidade para que a empresa possa se familiarizar com o processo de auditoria, com a visão dos auditores e seus

questionamentos e tenha uma noção real de suas chances de certificação. Caso a implantação do sistema ainda se mostre incipiente, um período de ajuste pode ser dimensionado, antes que a auditoria final seja marcada.

A auditoria propriamente dita é dividida em duas etapas, em geral sem intervalos entre uma e outra. Na primeira, são avaliados pontos vitais do sistema, como, por exemplo, a verificação de que o sistema está baseado na avaliação de aspectos e impactos ambientais. Caso o nível de implantação do sistema seja considerado satisfatório, inicia-se a auditoria principal, que deve concluir com a recomendação ou não da empresa para a certificação.

5. Metodologia

Esta pesquisa possui natureza qualitativa, em relação aos temas que serão analisados - Sistema de Gestão Ambiental (SGA), Instituição de Ensino Superior e certificação NBR ISO 14001. Esse tipo de abordagem será de grande influência no resultado da pesquisa, já que possibilita o estabelecimento de uma relação direta entre o mundo real e o pesquisador, permitindo a este analisar e interpretar determinado fenômeno sem o auxílio de recursos quantitativos e estatísticos (SILVA; MENEZES, 2005).

Quanto aos fins, a pesquisa pode ser considerada exploratória e descritiva. A exploratória proporciona ao pesquisador uma flexibilidade na busca de informações sobre determinado tema, a fim de torná-lo mais claro e proporcionar a criação de novas ideias (MALHOTRA, 2006). Portanto, esta foi escolhida devido à necessidade de estudos e de maiores informações sobre os temas SGA e norma NBR ISO 14001 no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Já a pesquisa descritiva aborda uma análise investigativa com base em um questionário estruturado, que tem por objetivo verificar o entendimento dos colaboradores e alunos da instituição quanto à certificação da norma NBR ISO 14001. Andrade (2003) explica que a pesquisa descritiva permite ao pesquisador descrever com certa precisão a unidade de análise em observação, em que as características do objeto de estudo podem ser descritas e detalhadas, a possibilitar o registro, a classificação e a conceituação de dados, sem que o pesquisador venha a interferir nos dados levantados.

Assim, nessa etapa, será elaborado um questionário contendo algumas indagações baseadas em estudos bibliográficos e nas experiências dos profissionais da área. Restringiu-se a pesquisa aos discentes dos cursos de Engenharia Ambiental e de Farmácia para proporcionar uma visão ampla sobre a percepção dos alunos em diferentes contextos profissionais. A pesquisa foi realizada por meio de questionário com cinco alunos de cada período dos dois cursos analisados, totalizando 50 entrevistados. Quanto à percepção dos colaboradores foram distribuídos cerca de 25 questionários nos setores de Controladoria de Qualidade (CEU) e Secretária Acadêmica da instituição, para avaliação do entendimento sobre a certificação da norma NBR ISO 14001.

Em relação aos seus procedimentos técnicos e bibliográficos, foram utilizados livros e normas técnicas, parecer de auditoria e artigos/periódicos que abordam o assunto, além de consulta a sites do Meio Ambiente (GIL, 1999). Conforme esclarece Boccato (2006, p. 266),

a pesquisa bibliográfica se baseia em estudos de materiais já elaborados, constituído principalmente de referenciais teóricos publicados, livros, monografias, dissertações em busca da resolução de problemas. Esse tipo de pesquisa trará os conhecimentos apresentados na literatura científica que foi pesquisado, além de esclarecer como e sob que enfoque e/ou perspectivas o assunto foi tratado.

Outro método de pesquisa utilizado será o de pesquisa de campo, que se refere à investigação realizada no local em que os dados serão coletados ou onde os fenômenos observados serão estudados (VERGARA, 2003). Segundo Cruz e Ribeiro (2003, p. 17), a pesquisa de campo “consiste na observação atenta de um objeto (ou fenômeno) de interesse do pesquisador”. Neste projeto a pesquisa se limita ao Centro Universitário (UNIPAM) no município de Patos de Minas/MG.

Nessa fase da análise, foi aplicado um *checklist* em dois setores do campus, sendo o setor da Secretaria Acadêmica e de Controladoria da Qualidade (CEU) para verificar as ações ambientais que estão em implantação e/ou em fase de planejamento. Por meio de entrevistas e questionário nesses setores, foi possível coletar dados e informações relevantes para a identificação das principais dificuldades encontradas na implementação de práticas de gestão ambiental.

Quanto ao procedimento de coleta e análise de dados, foram utilizadas a observação simples e a pesquisa documental. A observação simples é utilizada para avaliar os principais benefícios e identificar as possíveis dificuldades para a implantação do SGA. Segundo Gil (1995, p. 105), a observação simples “é a técnica [...] que o pesquisador, permanecendo alheio à comunidade, grupo ou situação que pretende estudar, observa de maneira espontânea os fatos que aí ocorrem. Neste procedimento, o pesquisador é muito mais um espectador que um ator”.

De acordo com Gil (2002, p. 66), “a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa”. Desta maneira, a pesquisa documental foi usada para analisar e compreender o parecer da auditoria de certificação.

Assim, com a junção de todas as informações, foi possível fazer uma comparação entre as normas técnicas exigidas pelo parecer de auditoria e os procedimentos que o UNIPAM está adotando ou que já foram implantados. Com os resultados, pudemos ter uma noção das práticas ambientais que a IES terá que potencializar ou ainda adotar/adaptar em seu campus para receber a certificação NBR ISO 14001.

6. Resultado e discussão

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em duas vertentes: a primeira tinha o objetivo de analisar os principais impactos que as certificações do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) têm nas organizações em que foram implantadas. Quando esta etapa foi concluída, passou-se para a segunda fase da pesquisa, que tinha a finalidade de identificar os benefícios do SGA nas Instituições de Ensino Superior (IES) e identificar também quais as universidades ou centros universitários possuem os certificados

inerentes ao SGA. Assim, através desta pesquisa foi possível evidenciar que, após a aquisição destas metodologias, o UNIPAM se tornou a primeira IES brasileira a possuir uma certificação ambiental de caráter internacional que comprove a preocupação ambiental da instituição.

Posteriormente, foi realizada uma análise juntamente com os profissionais envolvidos no setor de qualidade da instituição para verificar quais métodos foram adotados para a aquisição de uma certificação ambiental eficiente e que favorecesse tanto os colaboradores quanto os discentes do UNIPAM. A partir das informações colhidas através desta análise, foi possível elaborar um quadro com as principais fases para a aquisição dessa metodologia no Centro Universitário.

Quadro 2. Implementação do SGA no UNIPAM

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA)		
	ATIVIDADE PROPOSTA	AÇÃO DE INTERVENÇÃO
Fase 1	Realizar um levantamento quanto aos objetivos da instituição	Fase inicial do processo de implantação da ISO 14.001 na instituição.
	Definir uma equipe de atuação	Foi importante definir uma equipe interdisciplinar formada por colaboradores da organização para delegar funções de acordo com as metas definidas pela alta direção.
	Identificar requisitos de legalidade ambiental	Com o monitoramento, implantação e atualização dos requisitos socioambientais, o centro universitário conseguiu o pioneirismo perante os concorrentes.
	Identificar as atividades que podem degradar o meio ambiente	Incluir um gerenciamento PGRSS, um planejamento de tratamento de efluentes, a manipulação de resíduos perigosos/inflamáveis, etc.
	Desenvolvida uma política ambiental	Desenvolver um planejamento que permita a integração de outras certificações da qualidade
	Fase 2	Criação de programas socioambientais que monitorem operações ambientais em andamento
Estabelecer um sistema de controle de documentos internos		A documentação referente ao SGA e os procedimentos associados são normalmente mantidos em uma plataforma <i>on-line</i> , com as únicas versões atuais designadas. As versões impressas não são controladas. Um sistema eletrônico se torna benéfico para reduzir volumes de papéis arquivados. Estipulam-se prazos para o armazenamento dos registros de caráter ambiental.

	Criação e implantação de processos para implementação do SGA	Muitos tipos de procedimentos ambientais são necessários para ter um SGA formal em vigor, tais como a minimização de política ambiental, a identificação dos critérios utilizados para controlar os aspectos ambientais significativos e sem controle operacional e para prevenir e mitigar os impactos ambientais que podem estar associados a eles. É necessário corrigir as não conformidades ambientais e armazenar registros ambientais adquiridos.
	Treinamento e comunicação com colaboradores	Os treinamentos devem ser adaptados ao cenário da instituição e às diferentes partes interessadas para aumentar o apoio.
Fase 3	Auditoria por partes interna e externa	Auditorias internas são importantes, mas geralmente tendenciosas. Torna-se muito importante, em alguns casos, adquirir auditorias de terceiros para evidenciar as atividades que estão ocorrendo de forma divergente ao padrão estipulado pelos gestores da instituição.

Para analisar o parecer de auditoria, foi necessário estudar os pré-requisitos necessários para obtenção da norma ISO 14.001; além disso, compreender com maior exatidão os elementos de uma auditoria ambiental, e então, entender a atual forma de gerenciamento das práticas ambientais adotadas pelo UNIPAM. Por meio dos relatórios ambientais foi possível evidenciar os aspectos classificados como significativos ou sem grau de significância.

O quadro abaixo demonstra o grau de significância obtida através da análise dos aspectos ambientais.

Quadro 3. Grau de significância dos aspectos e impactos ambientais

ASPECTO	IMPACTO	SIGNIFICÂNCIA
Armazenamento de resíduo biológico	Contaminação do solo e água	Significativo
Resíduo de vegetação	Contaminação do solo	Não Significativo
Consumo de gasolina	Uso de recursos naturais	Não Significativo
Atividade de manipulação de documento	Contaminação do solo	Significativo

Através desta análise, pode-se verificar que a instituição possui dois impactos ambientais considerados “significativos” que, de acordo com a sua possibilidade de ocorrência, visibilidade e abrangência, podem causar alterações negativas ao meio ambiente e comprometer as ações ambientais que estão em fase de implantação. Desta forma, espera-se que o UNIPAM se adapte às exigências propostas pelos auditores. Através de novas auditorias, a instituição poderá verificar como as conformidades foram solucionadas.

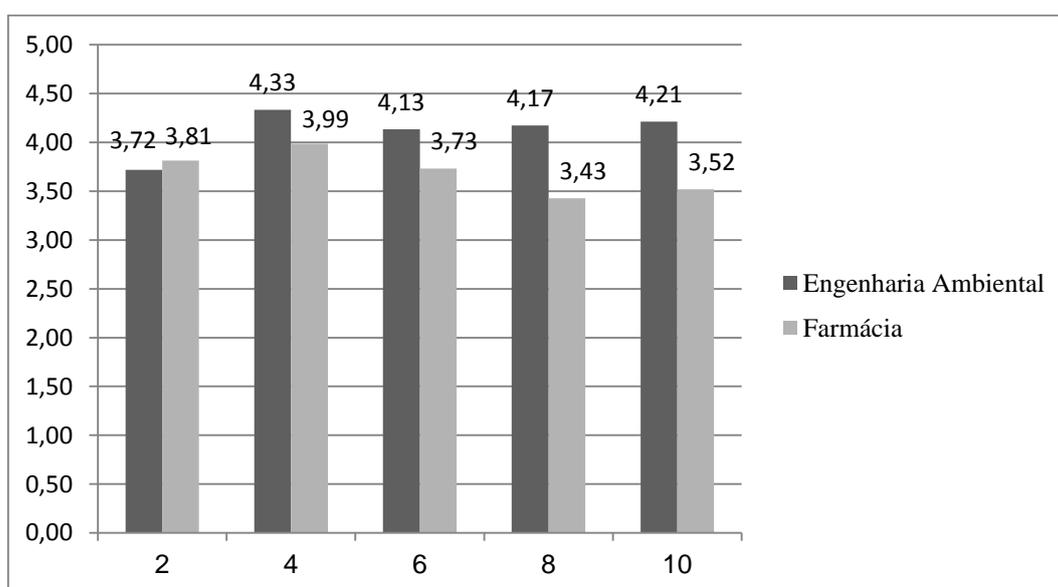
Para melhor evidenciar esta pesquisa, foram elaboradas indagações que buscavam verificar, em sua essência, o entendimento dos alunos dos cursos de Engenharia

Ambiental e Farmácia quanto à certificação da norma NBR ISO 14.001 no UNIPAM. Os questionários foram desenvolvidos de acordo com os requisitos de um SGA, evidenciando a importância de sua implantação e objetivando compreender como a instituição está preparando seus alunos e colaboradores para receber a certificação ambiental.

Na avaliação das percepções individuais sobre a implantação do SGA na instituição, a relação dos alunos é realizada mediante a média de pontos atribuídos a cada um dos 15 itens pesquisados: os escores variam em uma escala de 1 a 5, sendo que quanto maior o resultado obtido, maior é o grau de percepção quanto à certificação da norma NBR ISO 14.001.

Assim, com base nas informações obtidas através dos questionários, foi possível observar de forma clara e objetiva a percepção dos discentes quanto à obtenção da certificação ambiental no UNIPAM. A figura 6 representa a comparação realizada entre os alunos do curso de Engenharia Ambiental e Farmácia.

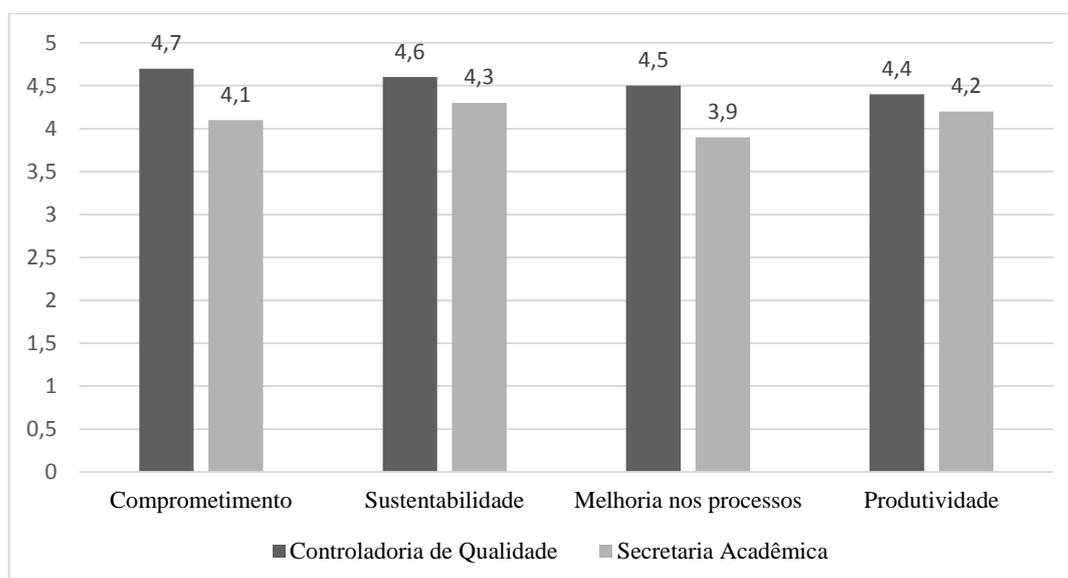
Figura 3. Resultado da amostra comparativa dos cursos de Engenharia Ambiental e Farmácia



Ao analisar a figura 3, é possível evidenciar que, de maneira geral, os alunos do curso de Engenharia Ambiental possuem um maior entendimento quanto à certificação da norma NBR ISO 14.001, em relação aos alunos do curso de Farmácia. Esta discrepância pode ser interpretada como uma falha da instituição na divulgação e preparação dos alunos de forma eficiente para receber a certificação, já que é possível notar que nem todos os alunos possuem conhecimento sobre o que é o SGA e sobre quais os benefícios e mudanças que esta certificação trouxe para a instituição e para a sociedade.

Posteriormente, foi realizada uma análise para identificar a percepção dos colaboradores quanto à obtenção da certificação ambiental na instituição. A figura 7 demonstra a comparação realizada entre os colaboradores da Secretaria Acadêmica e da Controladoria de Qualidade do UNIPAM.

Figura 4. Resultado do questionário aplicado aos Colaboradores da Secretaria Acadêmica e da Controladoria de Qualidade



Ao analisar a figura 4, foi possível evidenciar que os dois setores da instituição estão muito satisfeitos com a implantação das normas ambientais inerentes à certificação ISO 14.001. Entretanto, é possível evidenciar uma discrepância entre os resultados obtidos nos dois setores. Esta diferença pode ser analisada como uma deficiência quanto à demonstração dos resultados obtidos na implantação do SGA na instituição. Outra hipótese a ser analisada é que, como o setor de Controladoria de Qualidade trabalha diretamente com estas atividades, é possível relatar que eles se mostram mais satisfeitos e motivados com as melhorias desenvolvidas na IES.

Além disso, através desta pesquisa, foi possível identificar que a obtenção do SGA trouxe vários benefícios para o UNIPAM, dentre eles destacam-se: o melhoramento na utilização do tempo e dos recursos organizacionais, o melhoramento na realização de práticas sustentáveis e na eficácia nos processos organizacionais, a possibilidade de impulsionar a aprendizagem organizacional, o comprometimento e a consciência pela qualidade por parte dos colaboradores da organização.

7. Conclusão

Com o desenvolvimento deste trabalho, pôde-se analisar os benefícios e a importância da ISO 14.001 para a Instituição de Ensino Superior (IES), pois é com essa certificação que o UNIPAM conseguirá se tornar IES pioneira na obtenção de uma certificação ambiental. Através desta pesquisa, também foi possível analisar os benefícios de se obter o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e os principais motivos que levam as instituições a não se interessar em obtê-las.

E por fim, pode-se concluir que apesar do grande desgaste por parte dos colaboradores responsáveis pelo SGA do UNIPAM, esta certificação é de extrema importância

para o centro universitário, pois é através dela que ele pode criar métodos para se basear e evidenciar os seus pontos positivos, além de mostrar um marketing positivo para com o mercado competidor, ao se tornar uma IES modelo de excelência ambiental.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Sistema de Gestão Ambiental – Diretrizes Gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio*. NBR ISO 14001. Rio de Janeiro, 2004.

ACADEMIA PEARSON. *Gestão da Qualidade*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

ALMEIDA, Fernando. *O bom negócio da sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ALMEIDA, J. R. de. *Normalização, certificação e auditoria ambiental*. Rio de Janeiro: Thex, 2011.

ANDRADE, Maria Margarida. *Introdução à metodologia do trabalho científico*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

ASSUMPÇÃO, Luiz Fernando Joly. *Sistema de gestão ambiental: manual prático para implementação e Certificação ISO 14.001*. 3 ed. Curitiba: Juruá, 2011.

BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. *Rev. Odontol.* São Paulo, 18(3):265-274, 2006.

BUTZKE, F. C.; PEREIRA, G. R.; NOEBAUER, D. Sugestão de Indicadores para Avaliação das Atividades Educativas do Sistema de Gestão Ambiental – SGA da Universidade Regional de Blumenau. *Educação: Teoria e Prática*, 9(16):1-13, 2001.

CAMARGO, Aspásia. Governança para o século 21, in: TRIGUEIRO, A. *Meio Ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento*. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza; MELO, Daiane Aparecida de. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). *Revista Produção*, 18(3):540-555, set./dez. 2008.

CERQUEIRA, J. P. *Sistemas de gestão integrados: ISO 9001, NBR 16001, OHSAS 18001, SA 8000: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

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

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1987.

CORRÊA, Volnei Alves Corrêa. *As Instituições de Ensino Superior e a Gestão Ambiental*. Porto Alegre, 2003. Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/sga>>. Acesso em 29 dez. 2015.

CRUZ, Carla; RIBEIRO, Uirá. *Metodologia Científica: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2003.

DRUZZIAN, E. T. V.; SANTOS, R. C. Sistema de gerenciamento ambiental (SGA): buscando uma resposta para os resíduos de laboratórios das instituições de ensino médio e profissionalizante. *Revista Liberato*, Rio Grande do Sul, vol. 7, pp. 40-44, 2006.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas, 1995.

_____. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

_____. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODART, O. Gestão integrada dos recursos naturais e do meio ambiente: conceitos, instituições e desafios de legitimação, in: VIEIRA, P.F.; VERBER, J. (org.). *Gestão de Recursos Naturais Renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental*. São Paulo. Editora Cortez, 1996.

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. *Gestão ambiental: a busca de estratégias para vantagem competitiva e construção da imagem corporativa*. 2005. Disponível em: <<http://www.gestopolis.com/a-busca-de-estrategias-competitivas-atraves-da-gestao-ambiental/>>. Acesso em 07 dez. 2015.

LA ROVERE, Emílio Lebre *et al.* *Manual de Auditoria Ambiental*. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2000.

MALHOTRA, N. K. *Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MOREIRA, M. S. *Estratégia e implantação do sistema de gestão ambiental modelo ISO 14.001*. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006.

RODRIGUES, C. R. B.; OLIVEIRA, I. L.; PILATTI, L. A. Abordagem dos resíduos sólidos de serviços de saúde na formação acadêmica em cursos da área da saúde, in: *Congresso Internacional de Administração, Gestão Estratégica para o desenvolvimento sustentável*, 17 a 21 de setembro, Ponta Grossa, 2007.

SEIFFERT, M.E.B. *ISO 14001 – Sistemas de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

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

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: modelo para implantação em Campus universitário. *Revista Gestão e Produção*, 13(3):503-515, set./dez., 2006.

VERGARA, S. C. *Projeto e relatórios de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas, 2003.

Caracterização de solos do município de São Gonçalo do Abaeté-MG, para utilização em camadas de composição do pavimento rodoviário

Characterization of soils from São Gonçalo do Abaeté-MG, for utilization in asphalt paving layers

Brenda Virgínia Braga Borba

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: trabalhobs@hotmail.com

Stela Morais Menezes Santos

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: trabalhobs@hotmail.com

Nancy Tiemi Isewaki

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

Resumo: O transporte rodoviário é a forma de transportes mais utilizada em nosso país, suportando a necessidade de rodovias pavimentadas e em boas condições de tráfego. Neste sentido, o presente trabalho teve o objetivo de caracterizar dois tipos de solos (solo A e solo B), extraídos no município de São Gonçalo do Abaeté-MG, para verificar a possibilidade de serem utilizados em camadas de composição de base e sub-base rodoviárias, minimizando custos com o transporte da matéria-prima. Para que os solos sejam usados em camadas de pavimentação, suas propriedades físicas e mecânicas devem atender aos parâmetros exigidos pelas normas vigentes. Através dos ensaios em laboratório verificou-se que as resistências atingidas pelos solos em estudo foram de 6,8% e 20,9% para o solo A e B, respectivamente. De acordo com as especificações normativas, esses resultados não são satisfatórios para os solos comporem as camadas de base e sub-base de pavimentação. No entanto, uma alternativa para melhorar as propriedades desses solos, para o possível uso nas camadas rodoviárias propostas, seria o acréscimo de porcentagens de agregados, a fim de aumentar sua resistência.

Palavras-chave: Pavimentação. Solos. Caracterização.

Abstract: Road transport is the most used form of transport in our country, supporting the need for paved roads and in good traffic conditions. In this way, the present work aimed the characterization of two types of soils (soil A and B), extracted in São Gonçalo do Abaeté, MG, do as to use in base and sub-base asphalt paving layers, minimizing costs with the raw material transport. To be used in paving layers, physical and mechanical properties of the soil must meet parameters required by the current standards. Through laboratory experiments, it was verified the resistance of 6.8% and 20.9% for soil A and B, respectively. According to the normative specifications, these results are not satisfactory for the soils compose base and sub-base paving layers. However, an

alternative to improve the properties of these soils, for use in the proposed asphalt paving layers, would be the addition of aggregates, in order to increase the resistance.

Keywords: Paving. Soils. Characterization

1. Introdução

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), a principal estrutura de transporte no território brasileiro é a malha rodoviária, já que esta possui maior vascularização e densidade em relação aos outros modais.

Devido à importância e dependência do transporte rodoviário, um grande desafio enfrentado é garantir um bom estado de conservação das rodovias. Segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT), no ano de 2015, a extensão da malha rodoviária brasileira era de 1.720.607 km de rodovias, sendo que destas 12,4% são pavimentadas, 78,6% não pavimentadas e 9,0% planejadas. Nessa mesma pesquisa, foi avaliado o estado de conservação e manutenção, sendo que o resultado mostrou que mais de 50% das rodovias analisadas possuem pelo menos algum tipo de deficiência (CNT, 2015).

O pavimento é uma estrutura constituída por camadas sobre a superfície final de terraplenagem com o objetivo de suportar os esforços provocados pelo tráfego de veículos e pelo clima, melhorando as condições de rolamento, segurança e conforto, de forma técnica e econômica. É constituída de agregados e ligantes asfálticos e dividida em quatro camadas: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI *et al*, 2008).

Para que a pavimentação resista às solicitações de carga e esforços vindos do tráfego, distribuindo-as para a base, é necessário caracterizar os solos e agregados utilizados nas camadas que compõem a estrutura, assim como obter um alto grau de compactação, para aumentar a resistência à deformação na malha rodoviária (DNIT, 2006).

Existe uma grande variedade de agregados que podem ser utilizados na pavimentação, mas cada utilização demanda que ele possua características específicas. Sendo assim, esses agregados podem ser classificados quanto à sua natureza, tamanho e distribuição de grãos. O comportamento dos agregados e dos solos depende não só da sua rocha de origem, mas também da sua composição mineralógica, da composição química, da granulação, do grau de alteração, da tendência à degradação, abrasão ou fratura sob tráfego e do potencial de adesão do ligante asfáltico em sua superfície (BERNUCCI *et al*, 2008).

Este presente trabalho teve por objetivo estudar e caracterizar dois tipos diferentes de solos para o possível uso em camadas de pavimentação, como alternativa para pavimentar e melhorar as condições das estradas da região de São Gonçalo do Abaete-MG, de acordo com o método *Highway Research Board (H.R.B.)*, também conhecido como método de classificação rodoviária.

2. Material e métodos

O trabalho foi realizado de forma experimental, desde a coleta das amostras nos diferentes pontos, até a sua caracterização através dos ensaios de laboratório e a análise

final dos dados. Constituiu-se de uma pesquisa qualitativa, uma vez que avaliou a qualidade das propriedades destes solos.

Coleta dos materiais utilizados

Para realizar este trabalho, foram coletados 200 kg de cada solo, identificados como Solo A e Solo B, na fazenda Realina (18° 20' 16" S, 45° 49' 58" W), localizada no município de São Gonçalo do Abaeté- MG. O tipo de coleta utilizada foi a deformada, em conformidade com a ABNT NBR 9604:2016, pois ela facilitou a identificação de mudanças dos horizontes dos materiais, sendo coletadas e separadas a cada metro escavado.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Tecnologia dos Materiais de Construção Civil do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, para análise das suas características e propriedades para determinar o possível uso destes em camadas de sub-base e base de pavimentação.

Caracterização dos solos

Os ensaios para caracterizar os solos são regulamentados pelas normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). As amostras foram preparadas de acordo a ABNT NBR 6457:2016 - Amostras de Solo – Preparação para ensaios de Compactação e ensaios de Caracterização.

Os solos foram colocados para secar e destorroados. Após isso, passaram pelo peneiramento mecânico em peneiras de 19 mm e 4,8 mm. Todas as amostras foram pesadas e separadas de acordo com a sua utilização em cada ensaio. Tanto o solo A e o solo B, ficaram embalados para não perderem a umidade higroscópica.

Para o cálculo da umidade dos solos, retiraram-se três amostras, que foram colocadas em cápsulas previamente pesadas. De acordo com a ABNT NBR 6457:2016, as amostras devem permanecer em estufa à temperatura de 105° a 110°, durante um intervalo entre 16 e 24 horas, ou até apresentarem constância de massa, para então serem novamente pesadas. Através da diferença de peso foram calculadas as umidades dos solos A e B. Com as porcentagens e pesos obtidos na granulometria dos solos, foram construídas as curvas da análise granulométrica.

O Limite de Atterberg compreende o limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP). Esses limites avaliam a plasticidade dos solos de acordo com a capacidade de serem moldados sobre certas condições de umidade.

No Limite de Liquidez (LL) ABNT NBR-6459:2016, foram feitas as homogeneizações das massas de solo, obtendo-se três pontos de ensaio, com o intervalo de 35 a 15 golpes no cinzel. Já no Limite de Plasticidade (LP), de acordo com a ABNT NBR 7180:2016, com uma pasta homogênea dos solos, moldaram-se bolas que foram roladas sobre uma placa de vidro, formando cilindros através da pressão exercida pela palma da mão, até a sua fragmentação.

Na compactação dos solos, atendendo à ABNT NBR 7182: 1986, a energia utilizada foi a intermediária, utilizando-se 21 golpes para o solo A e 26 golpes para o solo B. Com os valores encontrados foram feitas as curvas de compactação.

O Índice de Suporte Califórnia (CBR) determina a resistência e a expansão dos solos. A energia de compactação utilizada foi a intermediária. Foram testados dois corpos de prova, compactados em cinco camadas com 26 golpes em cada uma delas.

3. Resultados e discussão

Análise Granulométrica

A granulometria dos solos foi determinada a partir do tamanho das suas partículas. A escala granulométrica da ABNT NBR 6502 estabelece uma divisão dessas frações do solo, sendo elas: pedregulho (dimensões entre 2,0 e 60 mm), areia (de 0,06 a 2,0 mm), silte (está entre 0,002 mm e 0,06 mm) e argila (abaixo de 0,002 mm).

As curvas granulométricas são as representações gráficas das dimensões das partículas do solo. Elas foram desenhadas em um esquema logarítmico: no eixo das abscissas são mostradas as dimensões das frações dos solos e no eixo das ordenadas, as porcentagens, dadas em peso (CAPUTO, 2012).

Nas tabelas 1 e 2 são especificadas as aberturas das malhas de cada peneira e as porcentagens de materiais passantes por cada uma delas, para os ensaios granulométricos dos dois solos.

Tabela 1. Porcentagens passantes no peneiramento do solo A.

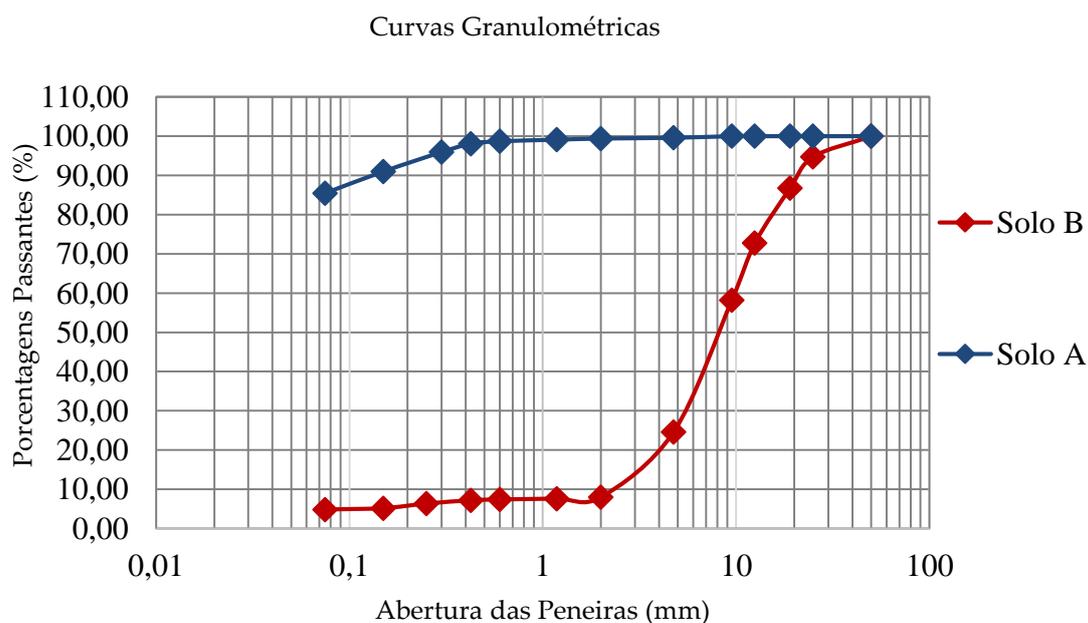
Abertura (mm)	Porcentagem que passa (%)
50	100,0
25	100,0
19	100,0
12,5	100,0
9,5	100,0
4,75	99,6
2,00	99,35
1,18	99,10
0,600	98,70
0,425	98,00
0,250	95,95
0,15	91,00
0,075	85,47

Tabela 2. Percentagens passantes no peneiramento do solo B.

Abertura (mm)	Porcentagem que passa (%)
50	100,0
25	94,73
19	86,73
12,5	72,74
9,5	58,22
4,75	24,59
2,00	7,97
1,18	7,59
0,600	7,39
0,425	7,16
0,250	6,32
0,15	5,16
0,075	4,81

A figura 1 correlaciona as curvas granulométricas dos dados descritos nas tabelas acima, onde são marcados os logaritmos das dimensões das partículas no eixo das abscissas, e no das ordenadas são mostradas as percentagens.

Figura 1. Curvas Granulométricas dos solos estudados



Através das curvas granulométricas, constatou-se que o solo A é classificado como solo fino, com predominância de areia fina, silte e argila, e uma pequena porcentagem de areia média, grossa e pedregulho. É considerado de graduação uniforme, por apresentar grãos com dimensões uniformes (Figura 1 e Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagens de partículas encontradas no solo A

Solo	Diâmetro das Partículas	Porcentagens (%)
Pedregulho	>2 mm	0,65
Areia Grossa	0,6 mm a 2,0 mm	0,65
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	5,70
Areia Fina	0,075mm a 0,2 mm	7,53
Areia fina, Silte e argila	<0,075mm	85,47

O solo B (Figura 1 e Tabela 4) foi considerado solo grosso, por ser composto predominantemente de pedregulho, contendo menor quantidade de areia fina, média e grossa, silte e argila. É um solo bem graduado, por possuir dimensões variadas em suas partículas.

Tabela 4. Porcentagens de partículas encontradas no solo B

Solo	Diâmetro das Partículas	Porcentagens (%)
Pedregulho	2mm a 60 mm	92,03
Areia Grossa	0,6 mm a 2,0 mm	0,58
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	1,19
Areia Fina	0,075mm a 0,2 mm	1,39
Areia fina, Silte e argila	<0,075mm	4,81

Limites de Atterberg

Para que o solo possa ser usado, para diferentes finalidades, em engenharia civil, é importante saber sua granulometria, bem como o comportamento de suas partículas finas quando acrescidas de água. Com isso, estes são classificados em: líquido, plástico, semi-sólido e sólido.

Determinação do Limite de Plasticidade

O ensaio de plasticidade, regulamentado pela ABNT NBR 7180:2016 é a transição

do estado semi-sólido para o estado de consistência plástica, verificando a trabalhabilidade dos solos em diferentes umidades. Para o solo fino, foram moldados cinco cilindros, com 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento. Assim, calcularam-se as suas umidades, que estão descritas na tabela 5:

Tabela 5. Umidades encontradas nos cilindros moldados: Solo A

Cápsula	Peso cápsula	Solo + cápsula (antes da secagem)	Solo + cápsula (após a secagem)	W	w%
1	14,8	17,2	16,61	0,32	32,59
2	23,07	24,99	24,52	0,32	32,41
3	13,89	15,65	15,22	0,32	32,33
4	14,95	16,26	15,95	0,31	31
5	14,29	16,94	16,28	0,33	33,16

Já com as partículas finas do cascalho foram moldados seis corpos de prova, que passaram pelos mesmos processos do solo fino. Seus valores estão apresentados na tabela 6:

Tabela 6. Umidades encontradas nos cilindros moldados: Solo B

Cápsula	Peso cápsula	Solo + cápsula (antes da secagem)	Solo + cápsula (após a secagem)	W	w%
1	12,62	15,17	14,77	0,19	18,60
2	14,02	16,18	15,84	0,19	18,68
3	14,25	16,54	16,19	0,18	18,04
4	13,89	15,9	15,6	0,17	17,54
5	13,42	15,22	14,93	0,19	19,20
6	14,19	16,03	15,74	0,19	18,71

De acordo com os dados obtidos no ensaio anterior, foi determinado o limite de plasticidade (LP) de cada solo, descritos na tabela 7:

Tabela 7. Limite de Plasticidade encontrado para cada solo

Tipo de solo	LP (%)
Solo A	32,5
Solo B	18,64

“As propriedades plásticas dependem da umidade do solo, da forma das partículas e da composição química e mineralógica dessas partículas” (SENÇO, 2011, p. 92). Com essa análise observou-se que o valor encontrado de LP foi maior para o solo A, pois este possui em sua composição predominância partículas de silte e argila, o que faz com que o solo absorva melhor a água, tornando-se mais plástico.

O solo B possui predominância de partículas grandes, sendo constituído de pedregulho e areias (grossa, média e fina), siltosa ou argilosa, apresentando um menor valor de LP.

De acordo com Senço (2011) um índice elevado de plasticidade indica que o solo tem grande capacidade de absorver água, o que provoca aumento em seu volume. Com isso, se essa água for retirada, o solo tende a sofrer recalque, tornando-se instável. Já solos com baixo LP não apresentam esse inconveniente.

Determinação do Limite de Liquidez

O ensaio de Limite de Liquidez (LL), regulamentado pela ABNT NBR 6459:2016, é feito com o aparelho de Casagrande, escolhendo-se o cinzel de acordo com o tipo de solo. A partir da quantidade de golpes para fechar o sulco, feito na amostra, é traçada a linha de escoamento do material. O intervalo estava entre 6 e 35 golpes, criando uma reta. O resultado do LL é o teor de umidade onde o sulco se fecha com 25 golpes. A tabela 8 identifica os resultados do ensaio do Limite de Liquidez, mostrando que a quantidade de golpes é proporcional à umidade:

Tabela 8. Relação nº golpes x Umidade

Amostra	Solo A		Solo B	
	Nº Golpes	Umidade	Nº Golpes	Umidade
1	45	42,1	14	27,7
2	72	41,4	35	26,26
3	35	47,2	82	23,85
4	14	62,2	26	29,73
5	39	51,3	60	27,77
6	-	-	46	26,9

Conforme os dados apresentados na tabela 8 foram construídos os gráficos das figuras 2 e 3, onde o eixo das abscissas representa o número de golpes e o eixo das ordenadas as umidades encontradas.

Figura 2. Gráfico do limite de liquidez do solo A

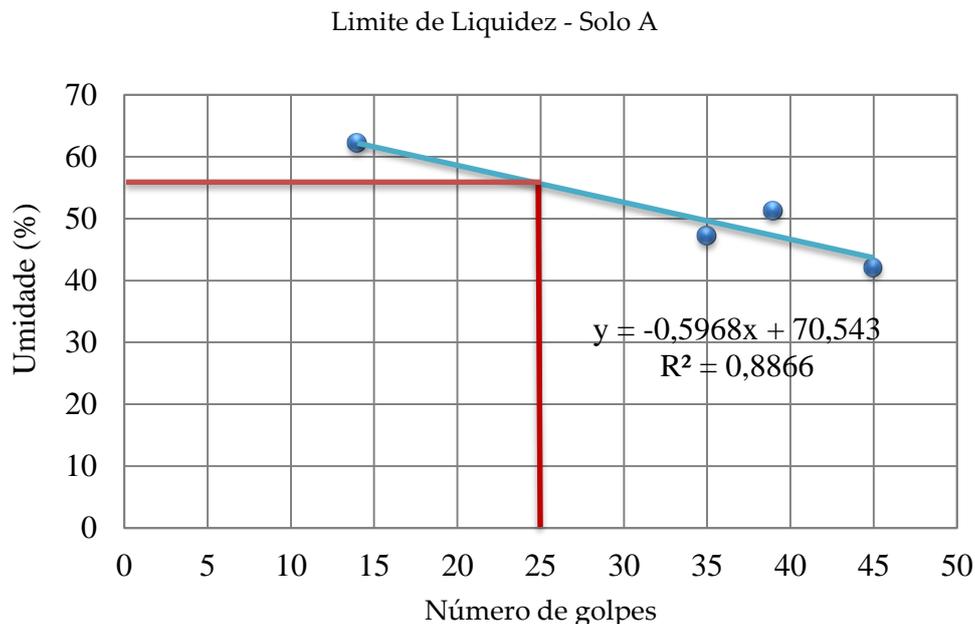
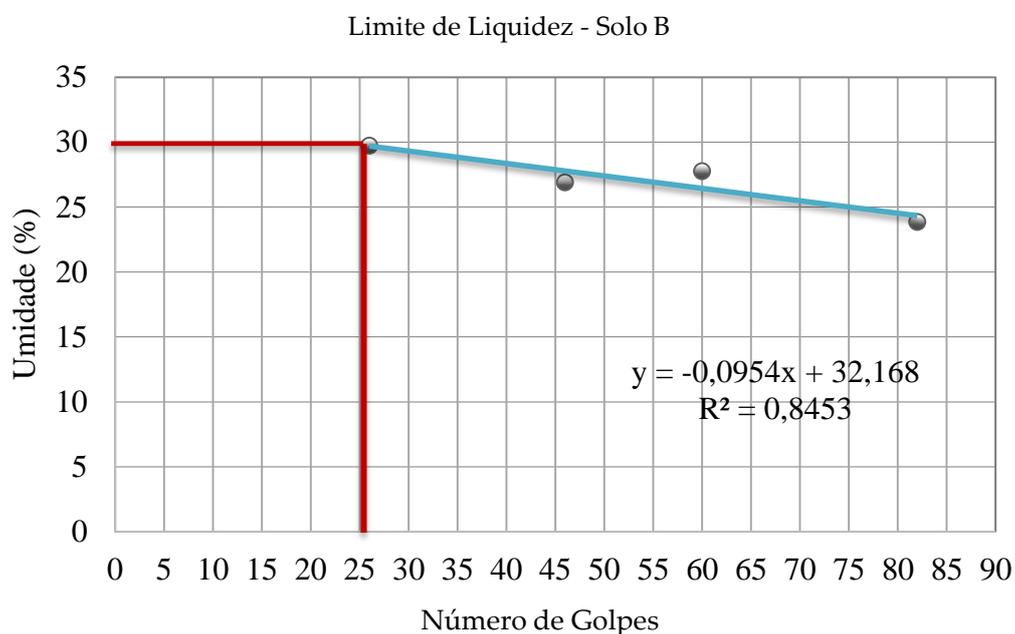


Figura 3. Gráfico do limite de liquidez do solo B



Com a análise dos dados observou-se que o solo A possui um limite de liquidez alto, pela presença de maior quantidade de argila em sua composição. Em oposição ao solo fino, o limite de liquidez do solo B foi menor, devido à influência da porcentagem de argila no solo.

Determinação do Índice de Plasticidade

Outro índice importante na classificação dos solos é o Índice de Plasticidade (IP) encontrado através da diferença entre o Limite de Liquidez (LL) e o Limite de Plasticidade (LP). Abaixo a tabela 9 ilustra os índices de Atterberg encontrados para os dois solos, já incluídos os valores de IP para cada um deles:

Tabela 9. Limites de Atterberg

	Solo A	Solo B
Limite de Liquidez (%)	55,62	29,78
Limite de Plasticidade (%)	32,50	18,64
Índice de Plasticidade (%)	23,12	11,14

O solo A apresentou Índice de Plasticidade igual a 23,12%; por isso, de acordo com Caputo (2012), utilizando a classificação de Jenkins, solos com IP maior que 15% são considerados altamente plásticos. Ainda segundo essa classificação e de acordo com o valor de IP = 11,14%, encontrado para o Solo B, solos com IP de 7 a 15% são classificados como medianamente plástico.

Classificação dos solos quanto à Highway Research Board (H.R.B.)

Os solos precisam atingir parâmetros definidos por normas para serem usados nas camadas de pavimentação, passando por diferentes ensaios para sua classificação. Dessa forma, com base nos resultados de granulometria e limites de consistência, prosseguiu-se com as classificações dos solos.

Senço (2007) cita a classificação do *Highway Research Board (H.R.B.)* muito usada para pavimentação, que leva em consideração os dados de compactação, limite de liquidez e índice de plasticidade. Segundo essa classificação, o solo A se enquadra no grupo A-7-5, sendo considerado fraco a pobre na aplicação como subleito e possuindo solos argilosos como materiais predominantes.

Já o solo B é classificado no grupo A-2-6, exercendo comportamento de excelente a bom, quando usado em subleitos, com predominância de solo grosso, areia e areia silteosa ou argilosa.

O solo A, através da sua caracterização, foi definido sendo um solo fino, devido às dimensões das suas partículas e predominância de silte, argila e areia fina. O solo B foi denominado solo grosso, sendo considerado cascalho, de acordo com o tamanho das suas partículas, composto por pedregulhos grandes, médios e pequenos.

Compactação do solo

A compactação, regulamentado pela ABNT NBR 7182:1986, tem como finalidade reduzir o volume dos seus vazios, para aumentar a resistência, melhorando suas características de permeabilidade, compressibilidade e absorção de água. Em cada corpo de

prova, foi acrescentada uma porcentagem de água diferente, até chegar à umidade ótima.

A compactação do solo fino foi feita com cinco corpos de prova pequenos, com a ajuda do soquete pequeno manual. Foi empregada uma energia intermediária, com aplicação de 21 golpes. Para o solo grosso, o ensaio foi realizado com cinco corpos de prova grandes com o soquete grande mecânico. Foi empregada uma energia intermediária com aplicação de 26 golpes. A tabela 10 mostra os dados obtidos na compactação do solo fino:

Tabela 10. Dados para compactação do solo A (solo fino)

Quadro resumo – Solo Fino					
Amostra	1	2	3	4	5
Massa específica (g/cm ³)	1,799	1,847	1,862	1,839	1,803
Massa específica seca (g/cm ³)	1,403	1,417	1,407	1,368	1,322
Peso esp. seco (kn/m ³)	13,76	13,90	13,80	13,42	12,97
Umidade (%)	28,3%	30,3%	32,3%	34,4%	36,4%

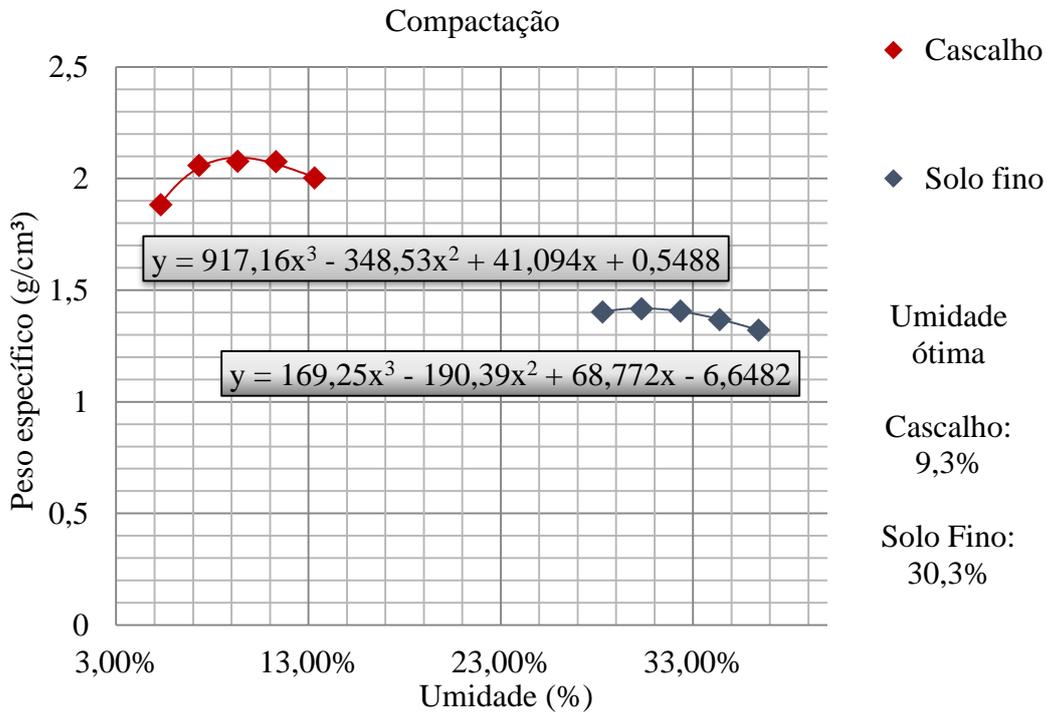
A tabela 11 apresenta os resultados da compactação do cascalho:

Tabela 11. Dados para compactação do solo B (cascalho)

Quadro resumo – Cascalho					
Amostra	1	2	3	4	5
Massa específica (g/cm ³)	1,983	2,21	2,271	2,311	2,271
Massa específica seca (g/cm ³)	1,883	2,060	2,077	2,076	2,004
Peso esp. seco (kn/m ³)	18,48	20,21	20,38	20,37	19,66
Umidade (%)	5,3%	7,3%	9,3%	11,3%	13,3%

O gráfico da figura 4 expõe a relação da massa específica seca e a umidade ótima para cada um dos solos:

Figura 4. Curvas de Compactação dos dois solos



A umidade ótima do solo fino foi de 30,3%, e do cascalho, de 9,3% (Figura 4). Observou-se que o cascalho, ao ser compactado, alcançou peso específico aparente maior que o solo fino, devido à relação do peso específico com as características dos grãos presentes nos solos.

Em concordância com a análise feita por Pinto (2011), os solos atingiram valores esperados, visto que solos argilosos apresentam densidades secas baixas e umidades ótimas elevadas, e solos com predominância de areias com pedregulhos apresentam densidades secas elevadas e umidades ótimas baixas, como pode ser observado no gráfico da figura 4.

Segundo Senço (2007), por meio da aplicação de energia mecânica, obtém-se a maior massa específica aparente possível e com isso uma maior quantidade de partículas sólidas por volume, resultando no aumento de resistência dos solos, uma vez que estes se tornam mais densos, atingindo assim uma maior estabilidade.

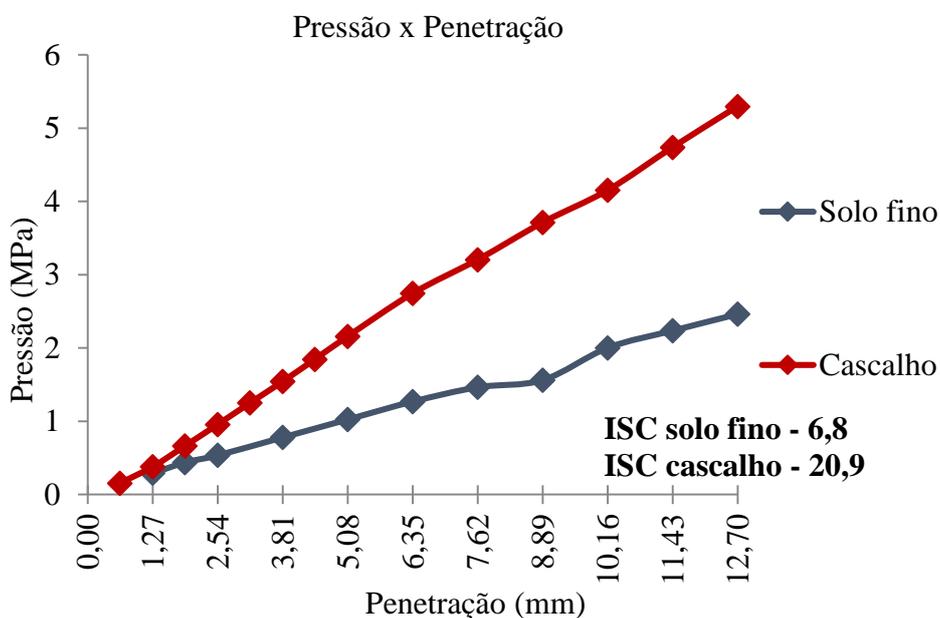
A partir desses dados foi realizado o Índice de Suporte Califórnia (CBR). Solos grossos possuem mais resistência e compressibilidade que os solos com partículas pequenas e de granulometria uniforme.

Índice Suporte Califórnia

Após a compactação dos solos e com a umidade ótima estabelecida, foi realizado o ensaio Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC), regulamentado pela ABNT NBR

7182:1986. A uma amostra de seis quilos de solo separada acrescentou-se água para compactação do corpo de prova, na umidade ótima. Logo após, o mesmo foi pesado e colocado imerso em um tanque durante quatro dias, efetuando-se, através de um extensômetro, as medidas da expansão. Decorridos quatro dias de imersão, o corpo de prova passou pelo ensaio de penetração, no qual foi submetido a pressões medidas por um manômetro, e as de penetração, por um extensômetro. Através desses dados foi confeccionado o gráfico da figura 5, que relaciona a pressão com penetração dos dois solos estudados:

Figura 5. Curva CBR encontrado para os solos



De acordo com a classificação do DNIT (2010), estabelecida pelas normas DNIT ES 139:2010 e DNIT ES 141:2010, e analisando os dados obtidos foram calculados os valores de ISC e expansão para cada solo, mostrados na tabela 12:

Tabela 12. Resultados de ISC e expansão no ensaio CBR

Tipo de Solo	ISC (%)	Expansão (%)
Solo Fino	6,8	0,8
Cascalho	20,9	0,91

Para a camada de sub-base (Tabela 12), o DNIT (2010) exige que o ISC seja maior ou igual a 20% e expansão menor ou igual a 1%; portanto, apenas o solo grosso conseguiu atender às exigências, com 20,9% de ISC e 0,91% de expansão. Nas camadas de base

são exigidos pela norma um ISC maior ou igual a 60% (para $N \leq 5 \times 10^6$) e maior ou igual a 80% (para $N > 5 \times 10^6$) e expansão menor a 0,5%. Conforme os dados obtidos, nenhum dos dois solos conseguiu atender o que é definido nas normas.

O intuito dessa pesquisa foi avaliar se os solos poderiam ser usados nas camadas de base e sub-base, mas de acordo com Tabela 12, os dois são compatíveis para utilização em camadas de subleito (ISC maior ou igual a 2% e expansão menor ou igual a 2%) e reforço de subleito (ISC maior que o subleito e expansão menor ou igual a 1%), já que o solo fino teve ISC de 6,8% e expansão de 0,8%, o solo grosso obteve 20,9% de ISC e 0,91% de expansão.

4. Considerações finais

Como já mencionado anteriormente, a presente pesquisa teve como intuito estudar e classificar dois tipos de solo, a fim de avaliar através de ensaios de laboratório se estes atenderiam aos requisitos estabelecidos pelas normas vigentes, para serem usados em camadas de base e sub-base de pavimentação. Tendo em vista que o transporte rodoviário é o mais utilizado em nosso país, a situação problemática de nossas rodovias faz com que busquemos alternativas para melhorá-las.

Através dos ensaios de granulometria, limites de Atterberg, compactação e índice de suporte Califórnia (CBR), realizado para os dois solos em estudo, foi possível classificar o solo A em A-7-5, sendo considerado solo fino com predominância de silte e argila, e o solo B em A-2-6, sendo chamado de cascalho, composto por pedregulho e areia siltosa ou argilosa.

Tendo em vista os resultados de resistência encontrados para os dois solos, ficou estabelecido que estes não atendem aos requisitos normativos para serem utilizados em base de pavimentação. De forma que o Solo A, tipo A-7-5, apresentou ISC = 6,8%, podendo ser utilizado em subleitos ou reforço do subleito, com características de irregular a fraco. Por outro lado, o Solo B, tipo A-2-6, apresentou ISC de 20,9% podendo ser utilizado em sub-base, subleito e reforço do subleito.

Espera-se que a presente pesquisa estimule o estudo de novos métodos e dosagens, buscando meios, como o acréscimo de agregados, para melhorar o desempenho dos solos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM 248: Agregados- Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, julho 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6457: Determinação do teor de umidade*. Rio de Janeiro, março 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liqueidez - Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, outubro 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade - Método de Ensaio*. Rio de Junho, março 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181: Solo - Análise Granulométrica- Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, dezembro 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7182: Solo - Ensaio de Compactação- Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, agosto 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7185: Determinação de massa específica in situ*. Rio de Janeiro, março 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9604: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas*. Rio de Janeiro, janeiro 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6502: Rochas e solos*. Rio de Junho, setembro 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9895: Solo - Índice Suporte Califórnia - Método de Ensaio*. Rio de Junho, 1987.

BALBO, José Tadeu. *Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

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

BERNUCCI, Liedi Bariani, et al. *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros*. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

CAPUTO, Homero Pinto. *Mecânica dos Solos e suas aplicações: Fundamentos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE-CNT (2015) *Metodologia para avaliação e classificação das rodovias pesquisadas 2015*. Brasília: CNT: Sest/ Senat.

Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/11/ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil/>> Acesso em: 29 de fevereiro 2016.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DE SÃO PAULO. *ET-DE-P00/006: Sub-base ou base de solo brita*. São Paulo: Diretoria de Engenharia, 2006. 22 p. Disponível em:

<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-P00-006_A.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2016.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

COLETA DE AMOSTRAS deformadas de solo. 2. ed Rio de Janeiro, 1994.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de Pavimentação*. 3.ed. - Rio de Janeiro, 2006. 274p.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Norma 139/2010- ES -Pavimentação-Sub-base estabilizada granulometricamente- Especificação de serviço*. Rio de Janeiro, 2010. 8p.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Norma 141/2010- ES -Pavimentação-Base estabilizada granulometricamente- Especificação de serviço*. Rio de Janeiro, 2010. 9p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2014) *Banco de dados INFRAESTRUTURA*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/11/ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil/>> Acesso em: 29 de fevereiro 2016.

ORTIGÃO, J. A. R. *Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Terratek, 2007.

PINTO, Carlos de Sousa. *Curso básico de mecânica dos solos*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

SENÇO, Wlastermiler de. *Manual de técnicas de pavimentação*. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007.

A problematização do manejo de águas pluviais em meio urbano e a solução por meio da implantação de paisagens multifuncionais

*The questioning of rainwater management in urban areas
and the solution through the implantation of multifunctional landscapes*

Ana Luiza Rocha de Souza

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). E-mail: analuiza_souz@hotmail.com

Matheus Galvão Cardoso

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). E-mail: matheus-ssdo@hotmail.com

Abel da Silva Cruvinel

Professor orientador (UNIPAM). E-mail: abelsc@unipam.edu.br

Resumo: Frente aos grandes avanços tecnológicos que a sociedade está vivendo nos últimos anos, surgiram também inúmeros problemas, principalmente voltados à questão ambiental e de recursos naturais. Aqueles relacionados aos recursos hídricos são ainda os mais comuns e também preocupantes no histórico de diversas cidades e regiões espalhadas pelo país. O visível aumento de construções de todos os tipos nas cidades reduzem drasticamente as áreas permeáveis, o que reflete de maneira direta no aumento do escoamento superficial acarretando inúmeros problemas no período das chuvas. É importante e necessária a interferência humana na paisagem urbana para minimizar esse problema, e tem-se como exemplo a implantação de paisagens multifuncionais que, além de reter água das chuvas diminuindo o escoamento em grande volume em um curto espaço de tempo, pode ser utilizada também de maneira integrada à paisagem como equipamento urbano de lazer e recreação para moradores e usuários.

Palavras-chave: Escoamento. Paisagem multifuncional. Enchentes.

Abstract: Considering the great technological advances that society has been experiencing in recent years, there have also arisen numerous problems, mainly focused on the environmental and natural resources issue. Those related to water resources are still the most common and also the most worrisome in the history of various cities and regions scattered throughout the country. The visible increase of buildings of all kinds in the cities reduces drastically the permeable areas, which directly reflects in the increase of the surface runoff, causing numerous problems in the rainy season. It is important and necessary the human interference in the urban landscape to minimize this problem, and we have as an example the implantation of multifunctional landscapes, that besides retaining rainwater, by diminishing the large volume flow in a short time, can also be used in an integrated way to the landscape as urban leisure and recreation equipment for residents and users.

Keywords: Surface runoff. Multifunctional landscape. Floods.

1. Introdução

É inegável que o crescimento populacional e a mudança nos padrões de consumo alteraram o cenário e a realidade mundial. Como consequência disso surgiram diversos avanços tecnológicos, sobretudo nas grandes cidades. Não obstante, esses avanços trouxeram consigo problemas relacionados diretamente com a gestão de recursos naturais e degradação ambiental. Dentre tais problemas ocasionados, os que são associados aos recursos hídricos têm destaque, uma vez que a água é um bem essencial a todas as atividades desenvolvidas pela humanidade (FREITAS, 2008).

De acordo com Tucci (2008), quando ocorreu um acelerado desenvolvimento urbano, por volta da segunda metade do século XX, houve concentração da população em pequenos espaços, disputas por recursos naturais, principalmente solo e água, acarretando numa destruição de parte da biodiversidade do planeta. Ressalta-se que a relação homem/ambiente natural pode trazer efeitos prejudiciais a todos e em diversas proporções. Segundo o mesmo autor, os efeitos advindos do processo de urbanização se fazem sentir sobre diversos setores, sendo quem no que diz respeito aos recursos hídricos, eles afetam o abastecimento de água, o transporte, o tratamento de água e esgoto e a drenagem pluvial.

Freitas (2008) relata que a água em seu ciclo natural percorre um longo e diverso caminho: do topo de solos até grandes profundidades. Em contato com o solo é capaz de percolar e infiltrar, alimentando assim lençóis subterrâneos e aquíferos. No entanto, numa situação cada vez mais comum, que é das áreas urbanas repletas de edificações diversas, pavimentação, canalização e retificação de rios, o ciclo da água pode sofrer alterações, pois o caminho natural que antes servia como local para infiltração se encontra bastante reduzido. Com ausência de vegetação e trechos naturais, a água não encontra a opção de seguir sua trajetória e não se infiltra no solo. Tal fato reduz as taxas de infiltração e aumenta seu escoamento, que se torna capaz de causar enchentes com frequência.

Segundo Nascimento (2011), as enchentes nas áreas urbanas tornaram-se um problema crônico e vêm se agravando ao longo dos anos, principalmente pela falta de planejamento apropriado dos sistemas de drenagem, associados à inadequação de projetos de engenharia à realidade e necessidade das cidades brasileiras.

Tucci (2005) ainda defende que para minimizar de forma satisfatória o problema das enchentes, o necessário é uma ação conjunta e integrada que englobe um melhor planejamento urbano, bem como um incentivo para que haja aumento de áreas de infiltração para a água e medidas que aumentem a eficiência da drenagem.

Para Rezende (2010), um conceito novo capaz de atuar juntamente com as outras medidas, evitando que mais água seja descarregada no sistema de drenagem, é a paisagem multifuncional, capaz de promover uma integração entre um projeto urbanístico e um projeto de engenharia, muitas vezes revitalizando um ambiente antes considerado degradado, dando a possibilidade de um novo uso para determinado local, tudo isso contribuindo para o benefício da população e de todo o meio ambiente. Sousa (2011) também destaca que tal implantação, além de atender a pontos fundamentais de sustentabilidade, como o econômico, o ambiental e o social, é uma obra de urbanismo que prevê mais de um uso para o mesmo local, sendo capaz de armazenar água da chuva e

melhorar a infiltração. É ainda capaz de garantir o uso racional do solo urbano, proporcionar valorização imobiliária para seu entorno, aumentar a qualidade de vida na cidade, criando um ambiente mais saudável.

Tendo em vista a problemática das enchentes e suas consequências danosas ao meio antrópico e ao meio ambiente na cidade de Patos de Minas, as quais ocorrem com frequência no período das chuvas e trazem na maioria das vezes perdas materiais para os moradores, além de transtornos relacionados às vias de rodagem da cidade, viu-se a necessidade de realizar este trabalho de estudo de caso da Paisagem Urbana para entender como se deu a ocupação do solo e como ele vem sendo usado, para assim propor a implantação de paisagens multifuncionais.

O uso da paisagem multifuncional é extremamente benéfico quando inserido no ambiente de uma cidade, justamente por ser capaz de promover a integração de conceitos urbanísticos relacionados à qualidade de vida da população com medidas de engenharia para minimizar um problema sério como o caso das enchentes, sendo capaz de contribuir significativamente para reter a água nos períodos de chuva diminuindo o *runoff*, e também para servir como local capaz de promover lazer e descanso aos usuários.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a paisagem urbana e sua influência no *runoff* da microbacia do córrego Canavial, tendo como fulcro a melhoria na retenção das águas nos solos urbanos desta microbacia. Os objetivos específicos foram realizar um diagnóstico da paisagem urbana de microbacia do córrego do Canavial, caracterizar os aspectos físicos da mesma, bem como propor metodologias de redução e retenção do escoamento superficial, tendo como base o conceito de paisagem multifuncional.

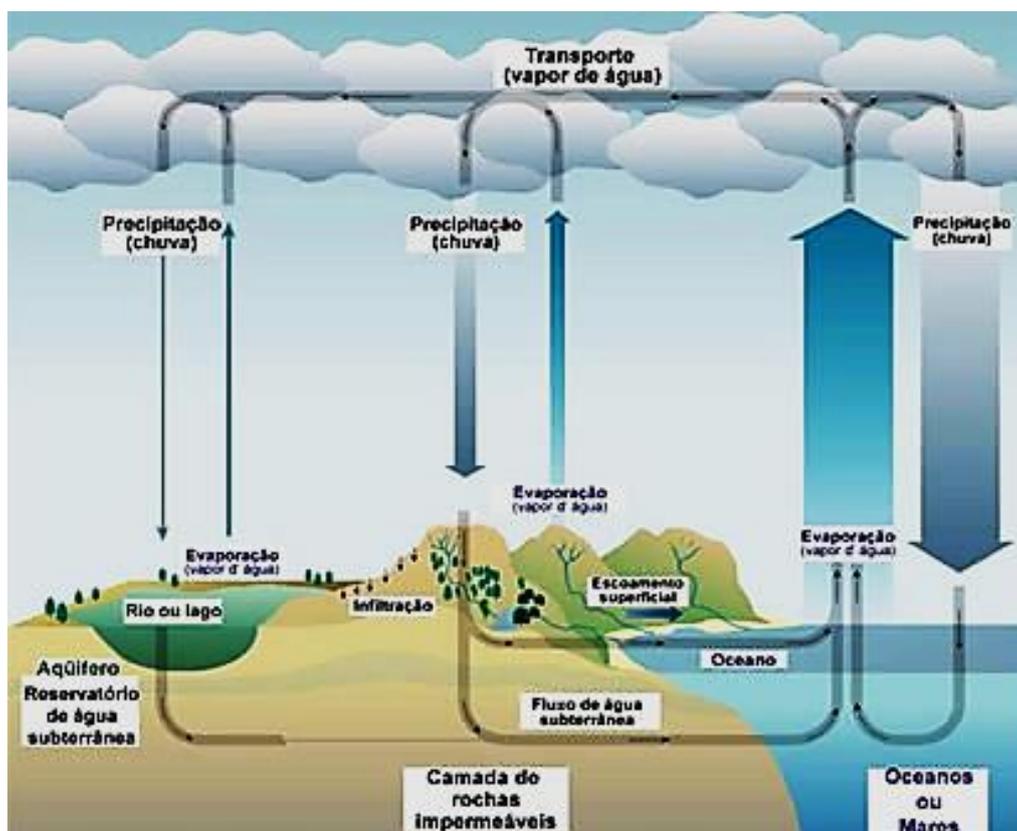
2. Referencial teórico

2.1. O ciclo hidrológico

Segundo Pires (2014), o ciclo hidrológico pode ser descrito partindo-se do fenômeno de evaporação de parcela da água presente na superfície, devido à energia solar que aquece o solo e as águas. A água, agora em estado gasoso, é levada para a atmosfera pelas massas de ar, e lá as partículas se condensam e, pela ação da gravidade, são devolvidas na forma de chuva. Parte da água em forma de chuva fica retida em plantas e vegetais, a parte que cai no solo irá infiltrar-se, e a que não se infiltra é escoada superficialmente até atingir um curso. O mesmo autor ressalta que algumas características particulares de cada local, como a cobertura vegetal, a altitude, a topografia, a porosidade e o tipo de solo determinam e influenciam diretamente a taxa de infiltração.

Em sequência ao ciclo ocorre o processo de evapotranspiração, que pode ser dividido em dois: evaporação, que constitui na transformação da água líquida de rios, mares e reservatórios para estado gasoso; e a transpiração, por meio da qual a água presente nos vegetais também é levada para a atmosfera. O ciclo então se reinicia (PIRES, 2014).

Figura 1. Esquema do Ciclo Hidrológico



Fonte: Rede ametista, 2008.

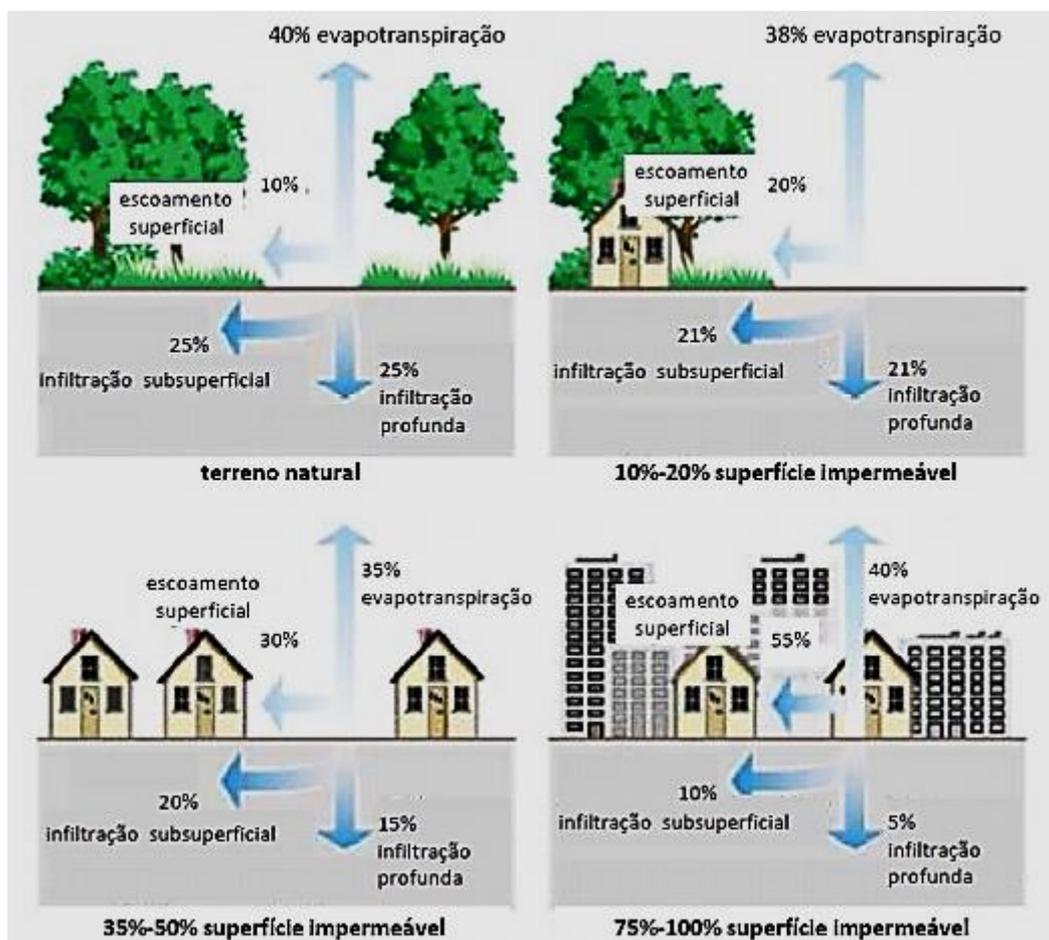
De acordo com Silveira (2012), o ciclo hidrológico é considerado fechado em nível global, porém os volumes que evaporam em determinado local não se precipitam necessariamente no mesmo. Existem ainda fatores que contribuem para que haja variabilidade no ciclo hidrológico pelo ciclo terrestre, dentre eles se destacam a não uniformidade da energia solar ao atingir a superfície do globo, o diferente comportamento térmico dos continentes em relação aos oceanos, a quantidade de vapor de água, a variabilidade espacial de solos e as coberturas vegetais.

Freire (2011) lembra que o ciclo hidrológico é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando de alguma maneira o homem se concentra no espaço e entra nesse sistema, ocorrem grandes alterações que modificam de forma drástica esse ciclo. Essa intervenção traz prejuízos diretos para si próprio, mas também para a natureza. Algumas ações do homem, como o aumento dos índices de poluição ambiental e os intensos processos de urbanização em determinadas regiões, influenciam diretamente o ciclo hidrológico que consequentemente refletem tais alterações nas bacias hidrográficas.

As superfícies que antes eram de cobertura natural, pela ação do homem, são substituídas por pavimentos, edifícios e telhados que não permitem mais a infiltração de água no solo (TUCCI, 2007). A água, que agora tem cada vez mais seu caminho natural alterado, não se infiltrando, passa a escoar pela superfície urbana, e quando acumulada,

é capaz de provocar inundações e outros problemas que afetam muito a vida do homem e as cidades como um todo.

Figura 2. Diferentes fases de urbanização e alterações causadas no Ciclo Hidrológico



Fonte: Rezende, 2012.

2.2. Definição e caracterização de uma bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é delimitada pelo divisor de águas, pela linha que une pontos de cotas mais elevadas, fazendo com que a água, ao precipitar-se e atingir a superfície do solo, seja destinada no sentido de córregos e rios. Assim, cada ponto da superfície terrestre faz parte de uma determinada bacia hidrográfica (VALENTE, 2011).

Tucci (2012) define que a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico, em que a entrada é a água precipitada e sua saída é o que escoar pelo exutório. Apresenta também perdas intermediárias quando, durante o ciclo hidrológico, ocorre evaporação, transpiração e infiltração. Portanto, considera-se que o papel principal da

bacia é o de transformar um volume de entrada (precipitação) concentrado-se num período de tempo em uma saída (escoamento) em um intervalo de tempo mais distribuído.

A bacia hidrográfica, segundo Garcez (2011), está intimamente relacionada com os mais diversos tipos de problemas ligados à hidrologia, isso porque algumas características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e térmicas, além da cobertura da bacia, são responsáveis e capazes de influenciar seu comportamento hidrológico. Além de receber influências diretas de suas características naturais, a acentuada ocupação do planeta pelo homem em busca de exploração de recursos acaba alterando a cobertura do solo, fazendo com que a bacia se modifique, podendo assim até perder sua função principal.

É de grande valia conhecer as características físicas de uma bacia perante sua ocupação, uma vez que estas estão ligadas ao comportamento hidrológico dessa área de drenagem. A relevância de compreender tais atributos, além de compreender seu funcionamento, se deve ao fato de tornar-se possível aplicar medidas que visam garantir maior harmonia entre sociedade e meio ambiente.

Não só características físicas, mas a ocupação interfere no comportamento hidrológico daquelas que são delimitadas por um divisor topográfico. Isso porque, com o aumento da urbanização, há uma amplificação das áreas impermeáveis, uma redução do tempo de concentração e um aumento das vazões máximas, o que confere maior propensão à ocorrência de inundações (TUCCI, 2007).

No que diz respeito à ocupação de bacias pela população, ela pode gerar impactos em dois diferentes âmbitos: do meio sobre a população, através das enchentes por exemplo, e do homem sobre a bacia, com relação à preservação ambiental (TUCCI, 2012).

Dentre as características de uma bacia, está a sua área, e Tucci (2012) a define como sua área projetada verticalmente. Para obtê-la, existem formas distintas, como, por exemplo, por cálculos matemáticos de mapas eletrônicos através do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Outra maneira de definir essa área é quando se tem os contornos da bacia já definidos, então ela pode ser obtida por planimetragem direta de mapas que já incorporam a projeção vertical. Tal característica de uma bacia é fundamental, pois por meio dela é possível definir sua potencialidade hídrica, já que seu valor, quando multiplicado pela lâmina de chuva precipitada, define o volume de água que a bacia recebeu.

Carvalho e Silva (2006) explica que existem diversos índices para definir outra característica da bacia, que é a sua forma. Normalmente procura-se relacionar esses índices com formas geométricas conhecidas. No caso do coeficiente de compacidade (Kc), ele relaciona o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área da bacia por meio da equação $Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$. O índice Kc é sempre um valor maior que 1 (igual a um significa um círculo perfeito, o que não existe na prática). Quanto menor ele for, mais circular é a bacia e maior a tendência de haver picos de enchente.

Já o fator Kf é razão da largura média da bacia e comprimento do eixo da bacia. É dado pela equação $Kf = \frac{A}{L^2}$. Quanto menor for kf , mais comprida é a bacia, e por isso, menos sujeita a picos de enchente.

Viel e Matos (1975) ressaltam que, quando as bacias possuem uma configuração alongada, existe menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simul-

taneamente toda a sua extensão. Desse modo, há menor tendência de ocorrer inundações. Já quando elas tendem a ser circulares, a probabilidade de ocorrer picos de enchente é maior.

Lima (s. d.) destaca que Horton definiu densidade de drenagem como a razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia. Esse índice dado por $DD = \frac{L}{A}$ está relacionado como tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia. A densidade de drenagem é um fator dependente do clima e também das características físicas de uma bacia.

2.3. Efeitos da urbanização no uso e ocupação do solo

Tucci (2007), relata que antigamente, com grande precariedade dos meios de transporte, os rios eram considerados as principais vias, e por isso, as cidades se desenvolveram ao seu redor. A população procurava habitar as partes altas, onde o rio dificilmente chegaria. Porém, na segunda metade do século XX, as cidades começaram a crescer de forma desordenada e acelerada. As regiões até então consideradas de risco foram ocupadas, e mais tarde, as consequências foram prejuízos humanos e materiais.

O mesmo autor (2007) destaca que o desenvolvimento urbano, seja ele em qualquer proporção, altera o sistema natural e produz efeitos sobre os ecossistemas, inclusive o aquático. Entre as diversas consequências, tem-se alteração do clima, erosão do solo, alteração no balanço hídrico e na qualidade da água, e aumento de áreas de risco.

Com maiores áreas urbanas habitadas, o escoamento das águas também é acelerado devido à alta taxa de impermeabilização do solo.

2.4. Inundações e medidas preventivas/corretivas

O escoamento pluvial, dependendo de sua intensidade, pode provocar em áreas urbanas além de diversos impactos, inundações de dois tipos (TUCCI, 2007):

- Inundações de áreas ribeirinhas: é um processo natural que ocorre devido à variação da precipitação e também do escoamento em determinada bacia.
- Inundações devido ao processo de urbanização: em consequência da urbanização, esse tipo de inundação está relacionado à impermeabilização do solo, à canalização ou à obstrução no escoamento.

Independentemente do tipo, as inundações causam na maioria das vezes perdas e prejuízos materiais e até mesmo humanos, além de alterar as atividades econômicas da região afetada. Em casos específicos, pode ocorrer contaminação da água por elementos tóxicos e também a disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Diante da problemática das inundações, existem diversas medidas que podem ser tomadas. Canholi (2014) ressalta que as medidas para a minimização de danos e impactos causados por enchentes são classificadas de acordo com sua natureza. As medidas estruturais modificam o sistema fluvial para prevenir ou corrigir um problema advindo das inundações de modo a reter e evitar o extravasamento do escoamento por meio de obras.

Para o mesmo autor, as medidas estruturais podem ser consideradas *intensivas*,

quando aceleram o escoamento, retardam o fluxo, ou quando há desvio do escoamento, além de casos em que há introdução de ações que visem tornar as edificações à prova de enchentes; ou como *extensivas*, quando houver ao longo da bacia recomposição da cobertura vegetal, controle de erosão do solo e armazenamentos disseminados na bacia. Tucci (2007) define que as medidas extensivas que agem na bacia, sejam elas quais forem, normalmente trabalham em cima de modificar as relações entre precipitação e vazão para assim reduzir e retardar os picos de enchentes.

Segundo Tucci (2007), as medidas estruturais causam uma falsa sensação de segurança, e com isso, induzem o aumento da ocupação de áreas consideradas inundáveis. Como complemento para essas, existem as medidas não estruturais, que também são capazes de minimizar significativamente a longo prazo e com custo financeiro reduzido a problemática das inundações.

As ações classificadas como não estruturais geralmente têm por princípio disciplinar e regulamentar a ocupação territorial, o comportamento de consumo das pessoas e as atividades econômicas (CANHOLI, 2014). As mais adotadas se relacionam com a delimitação de áreas de risco, tanto para estabelecimento de um zoneamento diferenciado como para desapropriação de determinadas áreas, se necessário. Os sistemas de previsão de alertas também são vantajosos, uma vez que são capazes de evitar grandes perdas.

Outra medida considerada benéfica pelo mesmo autor são as ações que regulamentam o uso e a ocupação do solo, visando com isso diminuir a ampliação de deflúvios, advindos da alta taxa de impermeabilização da bacia de drenagem e da ocupação de áreas ribeirinhas, que juntas somam um aumento considerável do escoamento.

Canholi (2014) enfatiza que mesmo existindo inúmeras medidas que possam ser adotadas em casos de inundações, para que exista um planejamento consciente de ações de melhoria e controle dos sistemas de drenagem urbana, é necessário que ocorra um balanço harmonioso entre as medidas estruturais e não estruturais, além, é claro, de uma combinação adequada de recursos humanos e naturais.

2.5. Paisagens multifuncionais

De acordo com Naveh (2001), uma das premissas para a concepção holística de paisagens multifuncionais é que representam uma complexa interação entre natureza-cultura. Assim, podemos considerar diversos tipos de funcionalidades agrupadas por categorias, bem como diferentes escalas, pois o próprio conceito está intrinsecamente ligado ao uso e à cobertura do solo, sendo a base de conjuntos de cenários paisagísticos que congregam vários interesses simultaneamente, inter-relacionados à multifuncionalidade espacial e integrada, em conformidade com as demandas dos diversificados segmentos da sociedade.

Uma paisagem multifuncional é uma obra de urbanismo que, como o próprio nome já diz, prevê mais de um uso para o mesmo local. Dentre as possibilidades estão prática de atividades esportivas, paisagismo, lazer, recreação infantil, etc. A drenagem urbana agrega a esses usos o controle de inundações, através de diversos dispositivos que visam reservar a água da chuva e melhorar a infiltração (SOUZA, 2011).

Em linhas gerais, seria a intervenção por meio de espaços físicos, com a criação de áreas que possibilitem a interação e o lazer da população, bem a retenção de uma

grande quantidade das águas da chuva em momentos chuvosos.

Segundo Souza (2011) a utilização de paisagens multifuncionais para o controle de inundações garante o uso racional do solo urbano, propiciando a valorização imobiliária para o seu entorno, além disso, propicia a qualidade de vida na cidade e cria um ambiente mais saudável, atingindo os três pontos fundamentais da sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

3. Metodologia

O presente trabalho consistiu em um estudo da paisagem urbana com foco na microbacia de drenagem do córrego do Canavial, no município de Patos de Minas – MG, onde a meta é contribuir para o planejamento do espaço, de modo a preservar o meio ambiente e seguir a regulamentação de uso e ocupação do solo.

De início foi feita a conceituação da microbacia do córrego do Canavial, a fim de conhecê-la melhor, bem como sua influência na drenagem urbana e sua contribuição para enchentes que ocorrem na cidade de Patos de Minas.

Como o conceito de paisagem urbana abre espaço para estudos e intervenções na arquitetura e urbanismo, engenharia e meio ambiente, foi tomado como base o Plano Diretor vigente na cidade para saber sobre as taxas e exigências referentes ao uso e ocupação do solo e sobre a taxa de permeabilidade necessária para cada zoneamento e se estas são respeitadas e cumpridas, para saber o real impacto do uso e ocupação do solo em tempos de constante desenvolvimento e urbanização na ocorrência de enchentes nos pontos críticos da cidade.

Posteriormente foi levantado o uso das edificações – se eram exclusivamente residenciais ou de uso misto – bem como a taxa de permeabilidade existente nelas. Além disso, de posse da bacia delimitada, foram identificados os espaços livres, como lotes vagos, existentes nela, os quais poderiam ser utilizados para a implantação de uma paisagem multifuncional.

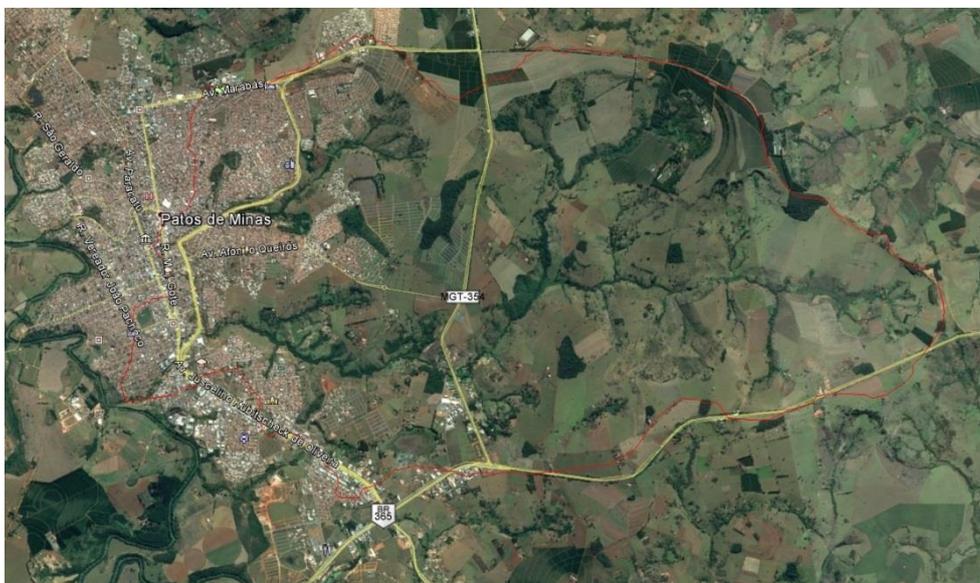
Por fim, após a análise detalhada do setor urbano da microbacia em estudo, foi proposto um modelo de paisagem multifuncional integrado a um espaço público, a fim de reter as águas das chuvas para diminuição do *runoff* quando necessário, de forma que esta medida seja também capaz de proporcionar um ambiente de lazer e descanso para a população do seu entorno, integrando assim suas duas funções em benefício direto da população que sofre com o problema do escoamento das águas no período de cheia.

4. Resultados e discussão

A bacia em estudo foi delimitada como mostra a figura 3, e por meio, dela foi possível ver que, além de extensa, ela abrange grande parte da cidade com características diversas, desde áreas consideradas centrais com empreendimentos voltados para o comércio (Avenida Major Gote), até regiões consideradas de uso residencial (parte da Avenida Afonso Queiroz). A bacia ainda permite visualizar que as rápidas modificações do meio urbano, devido ao crescimento da cidade nos últimos anos, foram responsáveis por

um aumento considerável de impermeabilização do solo, o que acaba causando alterações no ciclo hidrológico e no caminho natural da água, que seria em sua maior parte infiltrar no solo e não se acumular gerando volume de escoamento.

Figura 3. Delimitação da área em estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Por meio de pesquisas junto à prefeitura de Patos de Minas, foi possível ter acesso à Lei Complementar de revisão ao Plano Diretor, que traz como seus principais objetivos o desenvolvimento do local oferecendo condições de moradia digna, a elaboração de melhorias urbanísticas, além da regulamentação e regularização da ocupação de terrenos na cidade.

O município estabelece ainda parâmetros urbanísticos a serem seguidos durante a ocupação dos lotes e construção de edificações de acordo com a zona de localização do terreno, conforme figura 3. Traz uma consideração inclusive a respeito da taxa de permeabilidade mínima que pode ser definida como a relação percentual entre a parte permeável, que permite infiltração de água no solo, livre de qualquer edificação, e a área do lote. Tal loteamento em questão, que fica na ZA-2, tem limite máximo de ocupação de 70%.

Quadro 1. Parâmetros urbanísticos

MACROZONAS	ÁREA MÍNIMA (m ²)	OPÇÃO MÁXIMA (%)	COEFICIENTE	PERM. MÍNIMA (%)
ZAP	360	70	3	10
ZA	200	70	1,5	20

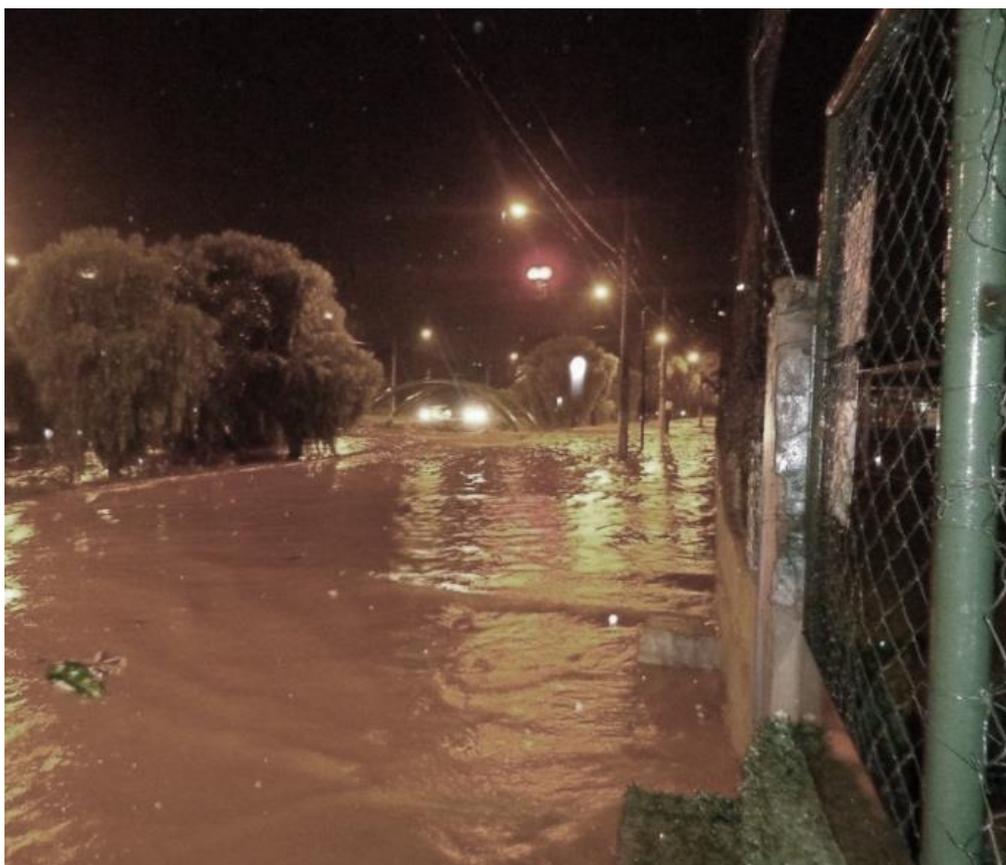
Fonte: Prefeitura de Patos de Minas, 2017

Após visitas aos locais, foi possível perceber que a bacia em estudo, por ser uma região extensa da cidade que se estende a vários bairros, engloba zonas de adensamento diferentes, portanto com exigências e taxas também distintas. Dentro da bacia, as partes edificadas variam desde áreas centrais com predominância de edificações comerciais e verticais, até áreas destinadas a ocupação familiar em um único pavimento tipo.

Pôde ser constatado também, durante a visita a locais compreendidos dentro da bacia em questão, que a cidade de Patos de Minas possui um problema antigo persistente até os dias atuais, que é a não obediência aos parâmetros urbanísticos, principalmente à taxa de permeabilidade mínima. Foi comum encontrar edificações sem nenhum local para infiltração de água no solo. Até hoje, além da falta de consciência de sua importância, existe uma resistência da população em questão à taxa de permeabilidade, sendo que muitos moradores da cidade não têm conhecimento sobre ela, ou simplesmente não a consideram relevante.

A ausência de áreas permeáveis tem potencializado os problemas com inundações, costumeiros em períodos chuvosos. As figuras 5 e 6 mostram regiões críticas da cidade quando há uma maior intensidade de chuvas.

Figura 4. Alagamento na Avenida Fátima Porto



Fonte: Patos 1, 2013.

Figura 5. Área afetada após chuva em Patos de Minas



Fonte: Patos 1, 2013.

A região mostrada das fotos 5 e 6 é da região próxima a Avenida Fátima Porto, onde existe uma canalização a céu aberto fazendo com que problemas com escoamento superficial sejam corriqueiros nos períodos chuvosos.

Após análise de terrenos compreendidos dentro da bacia em estudo, escolheu-se um deles, delimitado na cor azul, conforme mostra figura 7 para que fosse implantado um modelo de paisagem multifuncional.

Figura 6. Lote escolhido para implantação de paisagem multifuncional



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Nesse local delimitado, a sugestão é que a prefeitura implante no local uma paisagem multifuncional para retenção de água no período das chuvas, diminuindo o escoamento intenso de forma que essa água retida seja liberada de forma gradual. O mesmo espaço nos períodos de estiagem teria outra função para a população: serviria de espaço de lazer e recreação, prática de esportes e convívio social, como mostra as figuras 8 e 9.

Figura 7. Exemplo de paisagem multifuncional



Fonte: Portal Aquaflexus, 2016.

Figura 8. Paisagem multifuncional com área destina a lazer



Fonte: Portal Aquaflexus, 2016.

5. Conclusão

Com base nos resultados obtidos, foi possível perceber que grande parte das edificações compreendidas na bacia em estudo, que fica na ZA-2, necessária para a área de 20% do terreno, não respeitam o mínimo exigido para taxa de permeabilidade. Isso faz com que, nos períodos de chuva, a água não tenha locais livres suficientes para infiltrar, provocando um aumento significativo do volume a ser escoado. Tal fato também é comum nos diversos zoneamentos da cidade. Por fim, escolheu-se dentro da bacia em estudo uma área que apresenta condições possíveis para implantação de paisagem multifuncional, que tenha ao mesmo tempo função de reter água da chuva diminuindo o volume de escoamento, mas que tenha um espaço integrado que possibilite aos moradores uma opção de lazer e descanso. Para futuros trabalhos, existe a necessidade de levantar a viabilidade econômica através da concepção de um projeto de tal empreendimento que sozinho não é capaz de resolver o problema das enchentes na cidade de Patos de Minas, mas que já minimizaria bastante tal fenômeno, como é o caso de várias cidades e regiões que já possuem essas instalações. Além de tudo, poderia servir como opção de lazer para uma região que carece de tais recursos.

Referências

CANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. *Bacia hidrográfica*. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2006. 32 p. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. *Hidrologia*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

LIMA, W. P. *Análise física da bacia hidrográfica*. São Paulo, 2016, 69 p. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_1/Caracteristicas%20fisicas%20da%20bacia_foto%20piracicamirim.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2016.

JÚNIOR, L. O. S.; CAETANO, L. C. *Ciclo hidrológico*. Portal Canal Escola: rede ametista, 2008. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Ciclo-Hidrologico-1376.html>>. Acesso em: 15 fev. 2016

NASCIMENTO, S. A. J. *Manejo de águas pluviais*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 32 p. Disponível em <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap10.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2016.

NAVEH, Z. "Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes

Landscape and Urban Planning”, *Landscape and Urban Planning*, n. 57(3-4):269-284, 2001.

PIRES, I. A. *A água e o Ciclo Hidrológico*. Curitiba: PUC Paraná, 2014. 12 p. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/3508478/a-agua-e-o-ciclo-hidrologico>> Acesso em : 08 de fev 2016.

PORTAL PATOS 1. Temporal em Patos de Minas deixa Avenida Fátima Porto debaixo d’água e assusta motoristas. *Site Portal Patos 1*, 2016. Disponível em: <<http://www.patos1.com.br/noticias/?n=NbIGp0z1eT.>> Acesso em: 20 fev. 2016.

PREITURA DE PATOS DE MINAS. *Lei complementar nº 271, de 1º de novembro de 2006*. Site da Prefeitura de Patos de Minas, 2016. Disponível em: <<http://www.patosdeminas.mg.gov.br/planodiretor/Leic271.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

REZENDE, O. M. *Manejo de Águas Pluviais*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. 104 p. Disponível em <http://www.peu.poli.ufrj.br/arquivos/Monografias/Oswaldo_Moura_Rezende.pdf>. Acesso em: 09 de fev. 2016.

SILVEIRA, A. L. *Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2012.

SOUSA, M. M. *Paisagens multifuncionais*. Portal Aquafluxus, 2011. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/paisagens-multifuncionais/>> Acesso em: 19 jan. 2016.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2012.

Dossiê da Água: Águas Urbanas. São Paulo: USP, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007>. Acesso em 16 de jan. 2016.

INUNDAÇÕES Urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

INUNDAÇÕES Urbanas. São Paulo, USP, 2005.15 p. Disponível em: <http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF>. Acesso em: 19 jan. 2016.

VALENTE, O. F; GOMES, M. A. *Conservação de Nascentes*. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VIOLA, H. *Gestão de Águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da Cidade do Samba*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. 398 p. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/heitorv.pdf>> Acesso em: 16 jan. 2016.

Benefícios sociais e ambientais na utilização de pneus inservíveis em estruturas de contenção no município de Patos de Minas - MG

Social and environmental benefits in the use of scrap tires in containment structures in the city of Patos de Minas - MG

Márcio Fernando Oliveira

Graduando do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: marcio_oliveiraf@hotmail.com

Sandra Lúcia Nogueira

Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: sandraln@unipam.edu.br

Resumo: O presente trabalho foi realizado tendo como objeto específico de análise o pneu inservível, resíduo cada vez mais frequente no meio social em razão do aumento exponencial da frota de veículos automotores. Como demonstrado ao longo da pesquisa, trata-se de rejeito perigoso do ponto de vista social, haja vista o potencial danoso à saúde pública e ao meio ambiente. Para isso, foram verificadas, em Patos de Minas, a quantidade de pneus descartados ao longo de quatro anos e a evolução nos números de casos de dengue, a principal doença ocasionada pelo acúmulo de pneus descartados incorretamente. Como proposta para retirada desse material do meio ambiente foi sugerida a reutilização desses pneus na construção de muros de solo-pneus em encostas, erosões e áreas que necessitam de estabilização na cidade.

Palavras-chave: Pneus. Meio ambiente. Estabilização de encostas.

Abstract: The present work was carried out with the specific object of analysis, the waste tire, a residue that is increasingly frequent in the social environment due to the exponential increase in the motor vehicle fleet. As demonstrated throughout the research, it is a socially dangerous waste, considering the harmful potential of public health and the environment. For this purpose, in Patos de Minas, we considered the number of tires discarded over four years and the evolution in the number of *dengue* cases, the main disease caused by the accumulation of tires discarded incorrectly. As a proposal to remove this material from the environment we suggested the reuse of these tires in the construction of soil-tire walls on hillsides, erosions and areas that need stabilization in the city.

Keywords: Tires. Environment. Slope stabilization.

1. Introdução

Com a expansão do processo de urbanização nos últimos anos, o Brasil presenciou um aumento vertiginoso na frota de veículos automotores, seja os de passeio, seja os de transporte, o que inevitavelmente vem contribuindo de maneira significativa para

o crescente descarte de pneus inservíveis, assim compreendidos aqueles que não podem mais ser reformados.

Em razão disso, o descarte de pneus deixou de ser um entrave exclusivo das metrópoles, passando a atingir também os pequenos centros. Isso porque, devido ao seu formato, o armazenamento incorreto desses objetos representa sério problema de saúde pública, dado que haverá acúmulo de água parada, facilitando a proliferação de insetos transmissores de inúmeras doenças, como, por exemplo, a dengue, a febre Chikungunya e o vírus Zica, descoberto recentemente.

Não é só a questão da saúde pública, contudo, que preocupa as autoridades estatais. As entidades governamentais de proteção ao meio ambiente também têm atuado de forma incisiva para diminuir a poluição decorrente do descarte de pneus, considerando ser comum, em razão da falta de fiscalização, o depósito desses objetos em aterros, lixões e terrenos baldios sem a adoção prévia dos cuidados necessários.

Nesse contexto, no ano de 1999, o Conama editou a Resolução n. 258, determinando que “as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis”. No ano de 2009, houve o advento da Resolução n. 416, que dispôs sobre “a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada”.

Não bastassem essas questões, outro problema social que tem sido enfrentado por muitas cidades brasileiras está relacionado ao assentamento irregular de populações carentes em áreas de risco, mostrando-se imprescindível a realização de obras de contenção. Ocorre que o custo financeiro dessas estruturas é relativamente alto, o que acaba por desestimular a adoção de políticas públicas tendentes a efetivá-las.

Desse modo, além da necessidade premente de se conferir aos pneus inservíveis a destinação que não comprometa o meio ambiente e a saúde pública, há ainda o dever público de regularização dos mencionados assentamentos em áreas de risco, situação propícia ao desenvolvimento da presente pesquisa, que serve também como estímulo à utilização dessa matéria-prima na construção de estruturas de contenção.

Nesse contexto e tendo em vista as ponderações explicitadas, considerando ainda a necessidade de se regularizar áreas de risco no município de Patos de Minas/MG, o presente trabalho buscou, dentre as alternativas possíveis no campo da construção civil, analisar a viabilidade da utilização de pneus inservíveis para a implementação de estruturas de contenção, cuja revisão da literatura apresenta-se resumidamente a seguir.

2. Referencial teórico

O pneu é um rejeito de difícil degradação, demorando cerca de 150 anos para se decompor (SILVA, 2006, p. 55). Exatamente por ter um ciclo de degradação tão longo é que a destinação adequada dos pneus inservíveis representa fator social de extrema importância para o poder público, visto que inúmeras gerações sofrerão os problemas ambientais decorrentes do descarte inadequado desses objetos.

E não é para menos, pois, consoante destaca Silva (2006, p. 55), um dos grandes inconvenientes da disposição inadequada de pneus consiste na possibilidade de queima

acidental desses objetos, trazendo, assim, todos os malefícios inerentes a incêndios com itens dessa natureza, como, por exemplo, a liberação de poluentes na atmosfera, no solo e também nas águas superficiais e subterrâneas.

Além do armazenamento em depósitos de forma errada, era comum ainda o descarte desses rejeitos nos cursos d'água, causando, assim, a obstrução de canais, galerias de águas pluviais e córregos (FREITAS, 2010, p. 17-18). Com isso, tornou-se cada vez mais rotineira a ocorrência de enchentes e inundações nas áreas urbanas, principalmente nas metrópoles, ocasionando imensuráveis prejuízos à sociedade.

Ademais, há também os malefícios à saúde pública em razão do acúmulo de água parada, havendo o prejudicial da descoberta de novas doenças transmitidas pelo mosquito *aedes aegypti*: o vírus Zika e a febre Chikungunya. Esses problemas são agravados em razão da necessidade de espaço físico considerável para a disposição desses rejeitos, bem como sua dificuldade de coleta e eliminação.

Segundo Kamimura, de 1936, quando se iniciou a fabricação de pneus no Brasil, até 2001, já foram produzidos aproximadamente um bilhão de unidades, somadas a outras 20 milhões que foram importadas pelo país no ano de 1990 para recauchutagem. Alerta a pesquisadora que, na maior parte dos casos, o descarte se deu de forma indevida, por meio de incineração sem controle de emissão de gases ou pelo depósito em áreas livres (2002, p. 77).

E não há perspectiva, ao menos em curto prazo, de redução no consumo desse produto no país. Em âmbito local, por exemplo, informações constantes no sítio eletrônico da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE indicam um aumento no número de veículos automotores no município de Patos de Minas, passando de 88.051 veículos em 2013 para 93.662 em 2014, classificados consoante tabelas a seguir:

Figura 1 - Frota em Patos de Minas em 2013

Frota - 2014		
Automóvel	43.803	automóveis
Caminhão	3.258	caminhões
Caminhão trator	1.438	caminhões Trator
Caminhonete	8.408	caminhonetes
Camioneta	1.448	camionetas
Micro-Ônibus	180	micro-ônibus
Motocicleta	23.939	motocicletas
Motoneta	6.461	motonetas
Ônibus	374	ônibus
Trator de rodas	6	tratores de rodas
Utilitário	470	utilitários
Outros	3.877	veículos

Fonte: IBGE, 2013.

Figura 2 - Frota em Patos de Minas em 2014

Frota - 2013		
Automóvel	41.629	automóveis
Caminhão	3.136	caminhões
Caminhão trator	1.337	caminhões Trator
Caminhonete	7.488	caminhonetes
Camioneta	1.324	camionetas
Micro-Ônibus	165	micro-ônibus
Motocicleta	22.816	motocicletas
Motoneta	5.854	motonetas
Ônibus	368	ônibus
Trator de rodas	4	tratores de rodas
Utilitário	376	utilitários
Outros	3.554	veículos

Fonte: IBGE, 2014.

Outro problema refere-se à capacidade de reaproveitamento/reciclagem dos pneus utilizados. Em estudo divulgado há mais de uma década em jornal da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Sugimoto (2004, p. 11) retrata essa situação. Em 2002, a proporção era de 1 pneu inservível para 4 novos ou reformados. Em 2003, a proporção era de 1 para 2. Em 2004, por sua vez, de 1 pneu inservível para 1 novo ou reformado. Já em 2005 haveria mais descartes do que pneus novos ou reformados.

Atento a todas essas circunstâncias, o Conselho Nacional do Meio Ambiente editou a Resolução n. 258/99, cujo objetivo é determinar “que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis”. A fim de possibilitar a observância das exigências contidas no referido ato normativo, foi estabelecido cronograma de cumprimento gradativo a ser observado pelas empresas e fabricantes de pneumáticos de 2002 a 2005 (art. 3º).

Como forma de potencializar essa proteção ao meio ambiente, a Lei n. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu art. 33, III, impôs aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a obrigatoriedade de estruturação e implementação de sistemas de logística reversa de pneus, “mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos”.

Desse modo, por força de imposição legal, a literatura reconhece que deve ser desenvolvido um conjunto de ações e procedimentos tendentes a viabilizar a coleta e a restituição dos pneus inservíveis ao setor empresarial, para reaproveitamento, seja em seu próprio ciclo, seja em outros ciclos produtivos, para que seja assegurada a esses rejeitos outra destinação final ambientalmente adequada.

No campo prático, encontrar uma destinação que seja efetivamente adequada sob o ponto de vista ecológico é uma missão árdua. Freitas (2010, p. 27) ressalta, contudo, que, a despeito de não ser mais útil para máquinas e veículos, “o pneu ainda mantém algumas de suas características físicas, tais como: formato, rigidez, impermeabilidade, além de um poder calorífico elevado”, razão pela qual deve ser incentivada sua utilização no âmbito da engenharia civil.

Trabalho pioneiro no país com o uso de pneus foi desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em parceria com outras instituições de ensino, a Universidade do Estado do Rio de Janeiro e a Universidade de Otawa, esta última do Canadá, tendo havido apoio também da Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro e da International Development Research Centre.

A referida pesquisa teve como ponto central a construção de um muro experimental, em Jacarepaguá, Rio de Janeiro, cuja execução se deu por meio da disposição de pneus em camadas horizontais. No projeto, a amarração dos pneus se deu por corda ou arame, com vistas à identificação dos benefícios de cada um desses elementos. Além disso, o preenchimento dos pneus se deu com solo compactado.

O muro construído (imagens 3 a 5), que utilizou aproximadamente quinze mil pneus, conta com 4 metros de altura e 60 metros de extensão, sendo dividido em 4 seções transversais, cada uma com 15 metros, cujas características encontram-se descritas na tabela 1. Para análise comparativa da eficiência das seções montadas, foi utilizada configuração distinta em cada uma das 4 seções, principalmente em relação ao material de

amarração – corda ou arame – e à configuração do pneu utilizado – inteiro ou cortado (SIEIRA, 2009, p. 51).

Tabela 1: Características das seções transversais do muro experimental de pneus

Seção	Largura da Base (L_B)	Largura do Topo (L_T)	Configuração dos Pneus	Tipo de Amarração	Seção Transversal Esquemática
A	6 pneus	4 pneus	Inteiros	Corda	
B	6 pneus	4 pneus	Cortados	Corda	
C	6 pneus	4 pneus	Cortados	Arame	
D	3 pneus	3 pneus	Cortados	Corda	

Fonte: SIEIRA, 2009, p. 52.

Figura 3: Camada Inicial de Pneus



Fonte: SIEIRA, 2009, p. 53.

Figura 4: Amarração dos Pneus



Fonte: SIEIRA, 2009, p. 53.

Figura 5: Final da Construção do Muro



Fonte: SIEIRA, 2009, p. 53.

Ao final, foram obtidos inúmeros resultados positivos. Os pesquisadores concluíram que: a) o uso de pneus na construção de estruturas de contenção apresenta-se como uma solução de baixo custo em relação às técnicas tradicionais, sem perda de eficiência sob o aspecto mecânico; b) o corte do pneu favorece o processo de interação com o solo, resultando em uma estrutura mais rígida e homogênea; c) o processo de amarração com arame mostrou-se mais fácil e rápido em comparação ao de corda (SIEIRA, 2009, p. 54).

Prosseguindo, e tendo em vista que neste momento almeja-se apenas apresentar uma síntese dos projetos já implementados, cuja análise mais aprofundada se dará ao longo do desenvolvimento da pesquisa, limita-se a relatar somente mais um caso prático, consistente no muro experimental construído com pneus no município de Ijuí/RS, a partir de uma parceria entre a Secretaria Municipal de Agricultura e Desenvolvimento Rural e a Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A realização do experimento se deu a partir da necessidade de construção de uma estrutura de contenção em talude erodido, que, em razão do estágio avançado da erosão, colocava em risco capitel dedicado a Nossa Senhora da Conceição, primeira capela do município. Foi eleito esse método alternativo devido a dois fatores fundamentais. Primeiro, economia de recursos públicos, considerando o baixo custo se comparado às demais modalidades de estrutura. Segundo, proteção do meio ambiente, por meio da destinação adequada aos pneus inservíveis (BARONI, 2007, p. 49-50).

As imagens 6 a 13 indicam bem o trabalho realizado, bem como a durabilidade da estrutura construída:

Figura 6: Talude erodido



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455.

Figura 7: Muro em execução



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455.

Figura 8: Abertura da vala



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455.

Figura 9: Estrutura de pneus executada



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455.

Figura 10: Preenchimento e amarração



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455.

Figura 11: Estrutura em novembro. 2005.



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455.

Figura 12: Estrutura em 03/2007



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455

Figura 13: Estrutura em 07/2008



Fonte: SPECHT *et al*, 2012, p. 455

Com o desenvolvimento desse trabalho em Ijuí/RS também foi possível a obtenção de resultados positivos. Segundo Baroni (2007, p. 93-94), as estruturas de contenção com pneus inservíveis merecem destaque com base nos seguintes benefícios: a) pode ser construída com equipamentos considerados rudimentares e de fácil manuseio; b) não demanda mão de obra especializada, tendo os profissionais sido treinados durante a execução; c) a utilização de arame galvanizado possibilita adequada rigidez na estrutura e, também; d) economia de recursos, dado que a estrutura em concreto armado, para essa mesma finalidade, teria um custo econômico aproximadamente seis vezes maior.

Ante o exposto, os resultados alcançados nos casos apresentados na revisão bibliográfica indicaram que a pesquisa proposta ao Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Extensão do Centro Universitário de Patos de Minas possuía embasamento e que seu desenvolvimento contribuiria para problemas sociais e ambientais existentes no município atualmente, o que pôde ser confirmado após a conclusão dos trabalhos.

3. Materiais e métodos

No presente trabalho, os procedimentos metodológicos tiveram por base inicialmente uma pesquisa bibliográfica, caracterizada pela capacidade de recuperação do conhecimento científico acumulado sobre um determinado assunto, no caso, a utilização de pneus inservíveis na contenção de taludes.

Com efeito, para a compreensão do assunto a ser abordado, foram identificados, levantados e analisados diversos tipos de produção acerca da temática que compõe o objeto da pesquisa, como, por exemplo, livros, artigos científicos, publicações em periódicos, e, notadamente, dissertações de mestrado, em razão do crescente número de estudos nas universidades brasileiras sobre o aproveitamento de pneus descartados.

Com a leitura e o fichamento do material selecionado, foi obtida a base teórica necessária à compreensão do problema ambiental gerado pelo crescente descarte de pneus inservíveis e da viabilidade de utilização desse objeto no âmbito da engenharia civil. Da mesma forma, houve a possibilidade de se discutir, de forma crítica, a efetividade da técnica de contenção de taludes com o uso desses pneus.

Nesse momento, buscou-se identificar, não apenas sob o aspecto funcional, mas também de execução, os pontos positivos e negativos da estrutura de contenção em destaque, principalmente por meio da análise dos projetos executados ao redor do país por diversas instituições de ensino em parceria com organizações públicas e não governamentais, a partir do que será atingida grande parte dos objetivos propostos.

Foi realizada também pesquisa de campo, por meio do preenchimento de formulários entregues aos responsáveis pelo ecoponto local, situado no bairro Planalto, com vistas à identificação da quantidade de pneus descartados formalmente no município de Patos de Minas e respectiva destinação. Além disso, considerando a importância dos catadores para a coleta de resíduos sólidos (RAMOS FILHO, 2005, 54-55), foram feitas visitas às associações cooperativas que realizam esse trabalho visando ao levantamento dos locais em que há o descarte de modo informal e a respectiva quantidade.

Por fim, o agendamento de reunião junto à Secretaria Municipal de Saúde, oportunidade em que foram entregues formulários, com vistas ao levantamento de dados

referentes às doenças transmitidas pelo mosquito *aedes aegypti* e a melhorias a serem obtidas pela municipalidade na área da saúde com a destinação final adequada dos pneus inservíveis. Foram agendadas também reuniões junto à Secretaria Municipal de Infraestrutura, bem como junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, com o objetivo de se levantar as áreas prioritárias para a utilização desses pneus na construção de estruturas de contenção na cidade.

4. Resultados e discussão

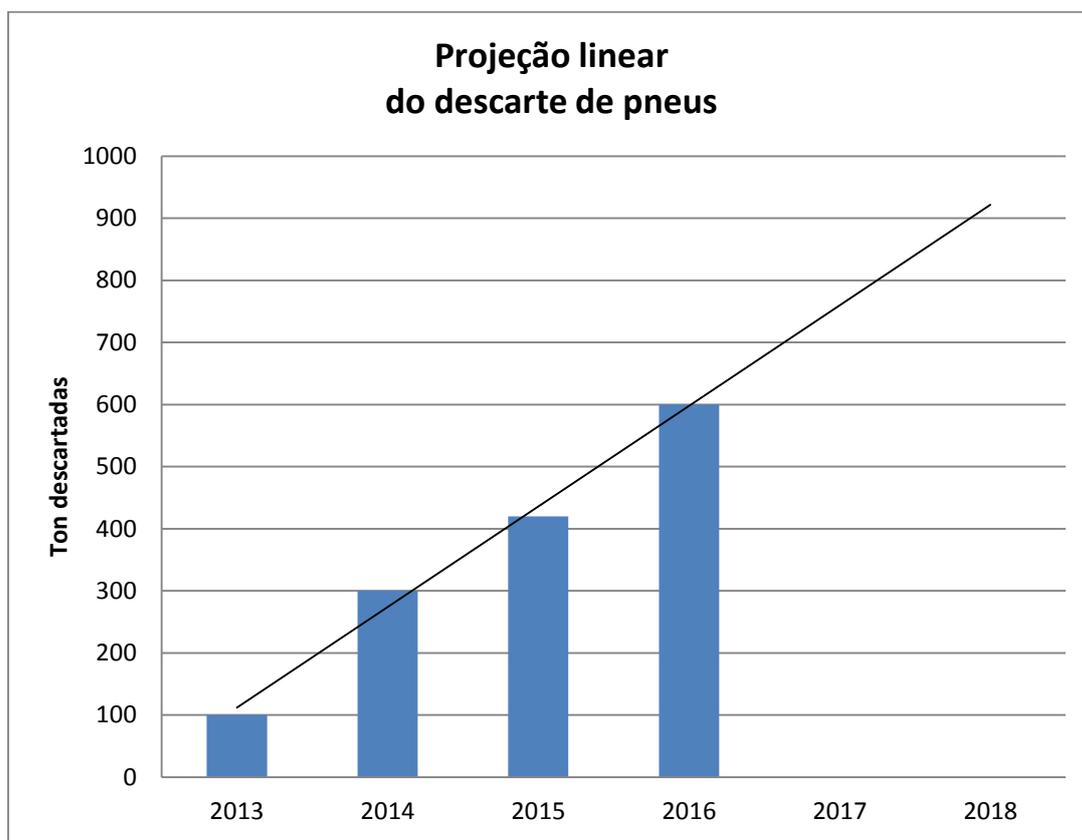
De acordo com o Diretor Municipal de Meio Ambiente, Ciuuca Costa, atualmente são descartados no município de Patos de Minas, anualmente, cerca de 600 toneladas de pneus inservíveis. É um número que cresce a cada ano, pois em relação ao mesmo período de 2015 houve um crescimento de aproximadamente 20%, em que foram descartadas cerca de 40 toneladas mensais e agora são mais de 50 toneladas. A partir do gráfico 1 pode-se observar a evolução do descarte no período de 4 (quatro) anos, e de acordo com o gráfico 2, a projeção de descarte para os próximos dois anos:

Gráfico 1 – Evolução do descarte de pneus



Fonte: dos autores, 2016.

Gráfico 2 - Projeção do descarte de pneus



Fonte: dos autores, 2016.

Com o vertiginoso crescimento de descarte de pneumáticos em Patos de Minas, decidiu-se pela criação de um Eco ponto, cuja administração foi repassada, em 2016, para a empresa Lauret Pneus, recicladora e recauchutadora, que armazena os pneus recolhidos de 120 distribuidores e revendedores cadastrados, em um galpão coberto, pelo período de 15 dias, até completar a carga de um caminhão baú para, assim, serem destinados à reciclagem. São quinzenalmente cerca de 25 a 30 toneladas de pneumáticos recolhidos, somando mais de 1500 unidades.

Fato é que, mesmo após a criação do Eco ponto na cidade para a destinação correta desses rejeitos, não é difícil encontrar amontoados de pneus descartados ou armazenados incorretamente. As fotos a seguir ilustram casos encontrados em diversas partes da cidade, mesmo próximo a regiões centrais, mostrando que a Resolução n. 258, do Conama, que determina que “as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis” não está sendo cumprida adequadamente.

Figura 14 - Pneus armazenados incorretamente próximos à Lagoa Grande



Fonte: dos autores, 2016.

Figura 15 - Pneus armazenados incorretamente próximos à entrada da cidade



Fonte: dos autores, 2016.

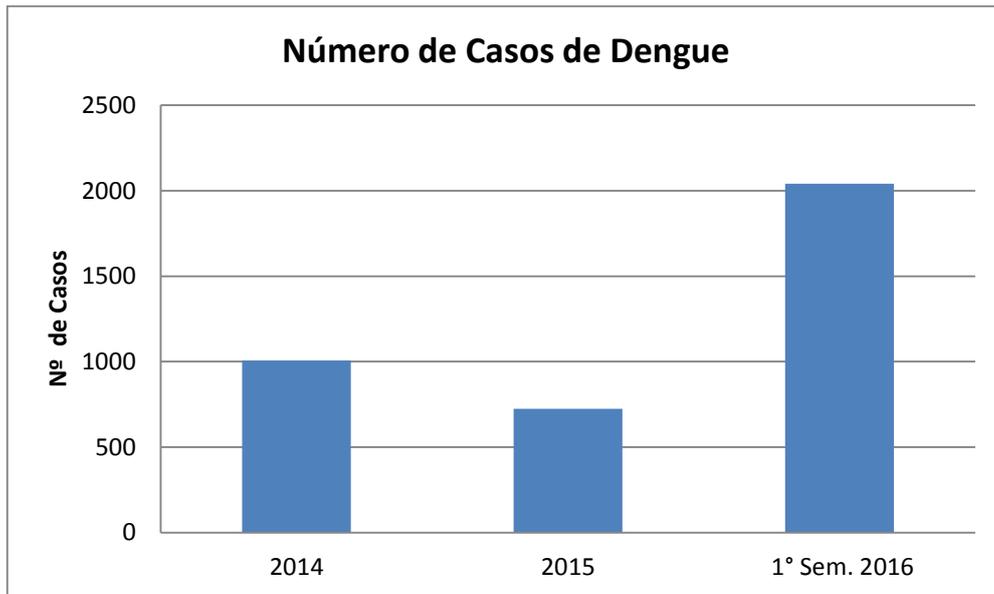
Figura 16 - Pneus armazenados incorretamente na BR 352 próximos a Patos de Minas



Fonte: dos autores, 2016.

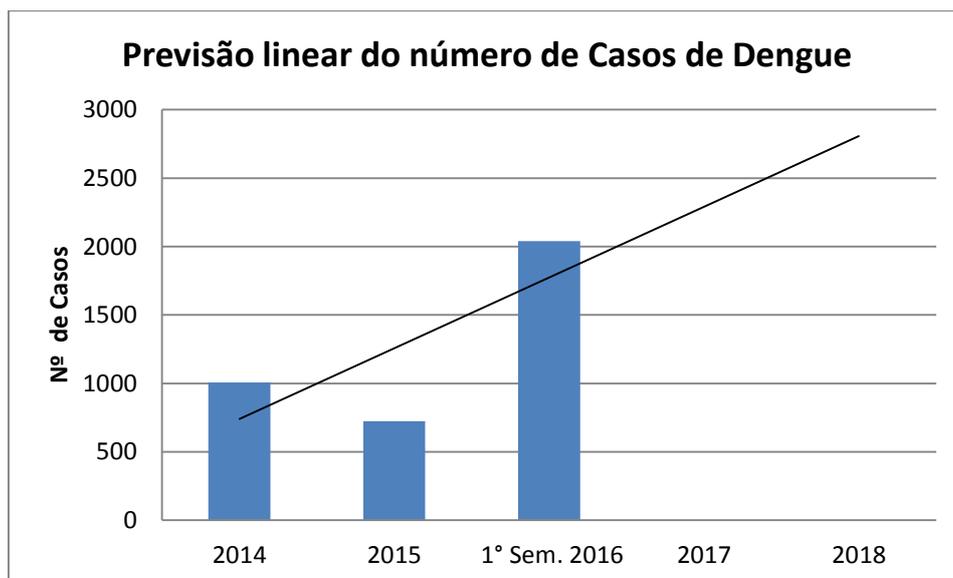
Segundo a literatura, pode-se correlacionar o aumento no descarte incorreto de pneus com a patologia da dengue, situação verificada também em Patos de Minas. Consoante Paulo José, coordenador do programa de combate à dengue, no primeiro semestre deste ano foram cerca de 2040 registros da doença (Gráfico 3), sendo que em todo o exercício de 2015 a incidência foi de 1450 casos, denotando, assim, crescimento de aproximadamente 280% no período. A partir do gráfico 4 é possível observar a previsão linear dos casos de dengue para 2 anos.

Gráfico 3 - Número de casos de Dengue



Fonte: dos autores, 2016.

Gráfico 4 - Previsão do número de casos de dengue



Fonte: dos autores, 2016.

Além dos problemas supracitados a cidade possui diversas áreas instáveis, as quais necessitam de estruturas de contenção para estabilização de suas massas terrosas. A utilização desses pneus em estruturas de contenção solucionaria dois problemas comuns em diversos centros urbanos: a destinação incorreta de um material potencialmente agressor ao meio ambiente e também a estabilização de áreas para habitação.

O Secretário Municipal de Infraestrutura, Rogério Borges Vieira, apontou o prolongamento da Avenida Fátima Porto, o terreno onde será construída uma creche municipal no bairro Várzea em Patos de Minas e o estacionamento da Sede Administrativa da Prefeitura de Patos de Minas como áreas instáveis passíveis de implementação das estruturas de contenção com pneus, respectivamente demonstradas nas figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 - Prolongamento da Avenida Fátima Porto



Fonte: dos autores, 2016.

Terreno onde será construída uma creche municipal
no bairro Várzea em Patos de Minas



Fonte: dos autores, 2016.

Figura 19 - Estacionamento da Sede Administrativa da Prefeitura de Patos de Minas



Fonte: dos autores, 2016.

5. Conclusão

Após a análise da bibliografia selecionada, bem como da realização do trabalho de campo, foi possível verificar que o crescente descarte de pneumáticos inservíveis para sua finalidade originária está intimamente relacionado com o aumento de patologias transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti*, situação verificada também em Patos de Minas.

Desse modo, a construção de estruturas de contenção para estabilização de massas terrosas utilizando pneus inservíveis, cuja viabilidade prática restou comprovada a partir de inúmeros projetos desenvolvidos ao redor do país, surge como alternativa para retirada desse material do meio ambiente, estabilizando encostas com baixo custo econômico, além de diminuir a incidência das doenças relacionadas ao mosquito *Aedes aegypti*.

Além disso, a utilização desse modelo de contenção traz para a engenharia uma alternativa inovadora e promissora devido à facilidade e rapidez na execução por não existir demanda de mão de obra especializada, por haver ocorrência de maior absorção da precipitação, dispensa do sistema de drenagem, maior adaptação em casos de recalque e movimentação da estrutura e o baixo custo quando comparado a estruturas de concreto armado.

De acordo com a literatura (SOUZA, 2002, p. 94), são gastos aproximadamente 188 pneus por metro linear para a construção de um muro de 5 metros de altura, de modo que a quantidade descartada nos últimos 4 anos na municipalidade seria suficiente para a construção de 106 metros, o que permitiria estabilizar diversas regiões de risco na cidade, sendo que, diante da possibilidade de utilização de terra e/ou pedras para preenchimento dos pneus (SIEIRA, 2009, p. 2), o custo desses muros se resumiria basicamente à mão de obra.

Referências

BARACUHY, José Geraldo de Vasconcelos. *et al.* Barramento com pneus usados para contenção de solo e água (Bapucosa). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3, 2001, Campina Grande. *Anais eletrônicos...* Campina Grande: ABCMAC, 2001.

BARONI, Magnos. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de pneus inservíveis como material de construção de estruturas de contenção arrimadas*. 2007. 114 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=03/08/2010&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=84>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

CAVALCANTI, Clóvis (org.). *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2009. 429 p.

CENTRO UNIVERSITÁRIO de Patos de Minas. Pró-Reitoria de Ensino Pesquisa e Extensão. *Manual para Normalização de Trabalhos Acadêmicos / Centro Universitário de Patos de Minas*. Pró-Reitoria de Ensino, Pesquisa e Extensão. 4. ed. rev. ampl. Patos de Minas: UNIPAM, 2011. 48 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 258, de 26 de agosto de 1999. Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2 dez. 1999. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=71&data=02/12/1999>>. Acesso em: 4 fev. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 416, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 1 out. 2009. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=64&data=01/10/2009>>. Acesso em: 4 fev. 2016.

CORREA, Lásaro Roberto. *Sustentabilidade na Construção Civil*. 2009. 70 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FREITAS, Sidcléa Sousa de. *Benefícios sociais e ambientais do coprocessamento de pneus inservíveis. Estudo de caso na cidade de João Pessoa – PB*. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

GARE, José Carlos. *Contribuições da Construção Civil Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável*. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2011.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 114 p.

IBGE, Cidades, Patos de Minas, Infográficos: Frota Municipal de Veículos. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/frota.php?codmun=314800>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

KAMIMURA, Eliane. *Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil*. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MOTA, José Aroudo. *O valor da natureza: Economia e política dos recursos ambientais*. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 200 p.

MOTTA, Silvio Romero Fonseca. *Sustentabilidade na Construção Civil: Crítica, Síntese, Modelo de Política e Gestão de Empreendimentos*. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

RAMOS FILHOS, Leonardo Sohn Nogueira. *A logística reversa de pneus inservíveis: o problema da localização dos pontos de coleta*. 2005. 99 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ROVER, Ardinete (coord.). *Metodologia científica: educação a distância*. Joaçaba: UNOESC, 2006. 103 p.

SIEIRA, Ana Cristina Castro Fontenla. Geossintéticos e pneus: alternativas de estabilização de taludes. *Engevista*. Rio de Janeiro, 11(1): 50-59, jul. 2009.

SILVA, Daniella Fernanda Machado. *Contenção de taludes com pneus: uma alternativa ecológica e de baixo custo*. 2006. 92 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

SOUZA, Antônio Nerton. *Muro de contenção utilizando pneus: análise e alguns comparativos de custos*. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SPECHT, Luciano Pivoto. *et. al.* Construção de estruturas de contenção utilizando pneus inservíveis: análise numérica e caso de obra. *Revista Escola de Minas*. Ouro Preto, 65(4):449-457, dez. 2012.

SUGIMOTO, Luiz. Tese propõe metodologia para descarte de pneus. *Jornal da Unicamp*, Campinas, 15 mar. 2004. p. 11. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/marco2004/ju244pag11.html>. Acesso em: 30 jan. 2016.

Implementação de uma infraestrutura de rede abordando *vlangs* e utilizando *pfsense* como *firewall* e roteador

Implementation of a net infrastructure, by approaching vlangs and using pfsense as firewall and edger router

Paulo Jacinto Rosa Severino

Graduando do curso de Sistemas de Informação (UNIPAM). e-mail: paulojrs.ti@gmail.com

Fabrcio Geraldo Araujo

Professor orientador (UNIPAM). e-mail: fabaraujo23@gmail.com

Resumo: Este artigo é resultado do projeto de implementação de uma infraestrutura de rede numa empresa de contabilidade e consultoria para o agronegócio. O projeto consiste na análise de necessidades da empresa diante da sua política de segurança da informação, implementando uma infraestrutura de rede utilizando como base principal o *firewall pfsense* como roteador de borda, complementando com o recurso de alta disponibilidade, garantindo que o negócio da empresa não venha a ter falhas e indisponibilidade durante o horário de expediente, e visando sempre o mínimo de intermitências no âmbito do trabalho. Esse projeto pode ser aplicado a não somente a esse ramo de atividade, mas em qualquer ambiente onde o parque tecnológico de máquinas tenha um número considerável de estações onde as mesmas necessitem de um gerenciamento.

Palavras-chave: Infraestrutura. Redes. Segurança. Alta disponibilidade.

Abstract: This article is the result of the project of implementation of a network infrastructure in an agribusiness accounting and consulting firm. The project consists of analyzing the needs of the company in the face of its information security policy, implementing a network infrastructure based on the *pfsense* firewall as the edge router, complementing with the high availability feature, ensuring that the company's business does not come to have failures, unavailability during office hours, always aiming at the minimum of intermittency in the scope of work. This project can be applied not only to this branch of activity, but also in any environment where the technological machinery park has a considerable number of stations where they need management.

Keywords: Infrastructure. Networks. Security. High Availability.

1. Introdução

As empresas já não utilizam os serviços de TI apenas como suporte de sua estrutura técnica e até mesmo organizacional. Há um crescimento de tendência com o passar dos anos nas empresas que trocam o papel tático de TI por um estratégico para a gestão de negócios e melhoria no apoio a tomada de decisões.

A infraestrutura de TI existe para dar assistência ao negócio, é o alicerce da empresa, e não a própria empresa. Vemos muitos profissionais implantando soluções em suas empresas sem o mínimo impacto de melhoria para o negócio, estão apenas visando a inovação de tecnologia, mas é importante ressaltar que inovação sem aproveitamento não favorecerá a empresa. O departamento de infraestrutura de TI apenas crescerá se a empresa crescer, e por isso, temos que trabalhar a favor do “lucro” da empresa (INFOTECH, 2011).

A infraestrutura de TI está para disponibilizar serviços e/ou recursos, manter serviços existentes, disponíveis para quem os usa, e por último, solucionar problemas dos serviços que auxiliam nos recursos utilizados pelo cliente, seja ele interno ou externo.

Nesse contexto, a proposta deste trabalho foi implementar uma infraestrutura de rede numa empresa de contabilidade e consultoria para o agronegócio, bem como compreender e explicar o funcionamento do *firewall*, um *pfsense* como roteador de borda. A infraestrutura de rede que foi implementada pode ser utilizada em qualquer empresa que possui um parque tecnológico de máquinas considerável para a gestão do seu negócio.

Infraestrutura de rede consiste na disposição do cabeamento que suporta qualquer equipamento relacionado à comunicação de dados/voz. Todos os sistemas finais que possuem algum meio de transporte de informação que conduzam informação através de algum meio físico é considerado infraestrutura de rede (PINHEIRO, 2010).

O objetivo geral deste trabalho foi implementar uma infraestrutura de rede completa, desde a análise do atual cenário da empresa em que esta foi implementada, explicar e entender o funcionamento do *pfsense* como *firewall* e roteador de borda, num ambiente onde possa ser aplicado o recurso da alta disponibilidade.

Para tanto, ficaram definidos outros objetivos específicos, que têm como finalidade relacionar várias ferramentas utilizadas pela TI, caracterizando toda a infraestrutura da empresa, entre os quais podemos citar:

- Instalar o servidor de autenticação espelhado fisicamente (redundância);
- Instalar o servidor de arquivos com redundância física, configuração de permissão dos usuários a diretórios mapeados pela rede;
- Implantar o *firewall pfsense* como roteador de borda;
- Fazer a estrutura de *backup* interna e externa;
- Entender o funcionamento e implementação de *vllans* para segmentação de departamentos e de *broadcast*;
- Entender o funcionamento e demonstração de roteamento utilizando *pfsense*;
- Fazer a documentação de toda a infraestrutura de rede e seus respectivos diagramas;
- Ter alta disponibilidade de autenticação, *firewall*, arquivos.

Desta forma, este estudo pretendeu promover a integração de diversas ferramentas que possam ser implementadas em qualquer empresa que necessite de uma TI para contribuir com o seu desenvolvimento e crescimento no mercado. Além disso, o projeto teve como foco final também mostrar para as empresas o quanto é importante o investimento em TI, mostrando seus benefícios, vantagens, e qual será o retorno que a mesma terá depois de um tempo, agregando valor ao seu negócio.

O processo de implementação de uma infraestrutura de rede numa empresa é de suma importância para uma melhor gestão dos ativos de *hardware* e *software*, pois uma infraestrutura bem montada, organizada, passa mais segurança, confiabilidade, integridade, tanto para usuários internos, quanto para externos que utilizam os serviços da empresa que passam pela área de TI.

Nesse contexto, a adoção de medidas para essa implementação pode solucionar, por exemplo, problemas relacionados à perda de arquivos, à disponibilidade e integridade de informações em servidores, à segurança de rede no que se diz respeito a conexões de entrada e saída na empresa e à facilidade de comunicação entre matriz e filiais através de um túnel privado de informações trocadas pelas mesmas.

Dessa forma, é possível obter uma análise precisa e detalhada de todos os requisitos, e nesse sentido, um mapeamento individual de cada setor da empresa e de sua relação com a TI, bem como o estágio atual da mesma podem auxiliar para uma implementação concisa e segura de uma infraestrutura de rede completa.

2. Referencial teórico

Nesta seção são apresentados os conceitos referentes ao processo de desenvolvimento do trabalho.

2.1. Infraestrutura de rede

Infraestrutura de rede consiste na disposição do cabeamento que suporta qualquer equipamento relacionado à comunicação de dados/voz. Todos os sistemas finais que possuem algum meio de transporte de informação que conduzam informação através de algum meio físico é considerado infraestrutura de rede (PINHEIRO, 2010). Refere-se aos recursos de *hardware* e *software* de toda uma rede que permitem a conectividade de rede, comunicação, operações e gestão de uma rede corporativa. Infraestrutura de rede fornece o caminho e os serviços de comunicação entre os usuários, processos, aplicações, serviços e rede externa, a *internet*.

Uma infraestrutura de rede, geralmente, é parte da infraestrutura de TI encontrada na maioria dos ambientes de TI corporativos. A infraestrutura de rede inteira está interligada, e pode ser usada para comunicações internas, externas ou ambos os casos. Uma estrutura típica de rede é dividida entre *hardware* de rede, *softwares* e protocolos de rede e serviços de rede.

O *hardware* de rede pode ser compreendido por roteadores, comutadores ou *switches*, placas de redes, pontos de acesso sem fio, cabos de par trançados. Já na parte lógica, os softwares de redes geralmente são compreendidos por operações e gerenci-

amento de rede, sistemas operacionais, *firewall*, aplicativos de segurança de rede. Por último, os serviços de rede que são oferecidos por terceiros, como DSL, links dedicados ponto a ponto entre o provedor de serviços e o cliente final, protocolos de comunicação, endereçamento IP.

2.1. Segurança da informação

Segurança da informação compreende um conjunto de medidas que visam proteger e preservar informações e sistemas de informações assegurando integridade, disponibilidade, não repúdio, autenticidade e confidencialidade. Esses elementos constituem os cinco pilares da segurança da informação e, portanto, são essenciais para assegurar a integridade e confiabilidade em sistemas de informações (SILVA FILHO, 2004).

Nesse sentido, esses pilares, juntamente com mecanismos de proteção, têm por objetivo prover suporte a restauração de sistemas de informações, adicionando-lhes capacidades, detecção, reação e proteção. O estabelecimento de um programa de segurança da informação em sua empresa deve passar sempre por ações que norteiem esses princípios. Tal modelo deve estar amparado por um sistema de gestão de segurança da informação que precisa ser planejado e organizado, implementado, mantido e monitorado (MAIA, 2013).

2.2. Pfsense

PfSense é um sistema operacional de código aberto baseado em *Unix FreeBSD*, adaptado para ser usado como um firewall e/ou roteador. Ele teve o seu lançamento em 2004 e hoje a sua versão mais atual é a 3.2. É um projeto popular colaborativo com mais de 1 milhão de downloads desde seu início, possuindo uma grande comunidade que apoia o projeto, fazendo implementações e melhoria no seu código fonte.

O *pfsense* pode ser instalado em pequenas redes domésticas para proteger um único computador ou em grandes empresas, universidades, dentre outras organizações, protegendo e administrando milhares de dispositivos de rede.

Hoje o *pfsense* pode ser considerado um serviço UTM, *Unified Threat Management*, ou Central Unificada de Gerenciamento de Ameaças, apesar de não ser muito popularizado na forma *appliance (hardware + software)*. Porém, seus serviços são abrangentes no quesito segurança de redes, sendo uma evolução do firewall tradicional, pois une a execução de vários serviços tais como VPN, balanceamento de carga, regras de NAT, regras de firewall, geração de chaves RSA, monitoramento de tráfego, etc. (ANDRADE, 2013).

2.3. Alta disponibilidade

Segundo Heidi (2016), em computação, a disponibilidade é um termo usado para descrever o período de tempo quando um serviço está disponível, assim como o tempo requerido por um sistema para responder a um pedido feito por um utilizador. Alta disponibilidade é uma qualidade de um sistema ou componente que assegura um elevado nível de desempenho operacional durante um determinado período de tempo.

A disponibilidade é muitas vezes expressa como uma porcentagem que indica a quantidade de tempo de funcionamento que é esperada a partir de um sistema ou componente específico num determinado período de tempo, em que um valor de 100% indica que o sistema nunca falha. Por exemplo, um sistema que garanta 99% de disponibilidade no período de um ano pode ter até 3,65 dias de tempo de inatividade (1%).

Esses valores são calculados com base em vários fatores, incluindo ambos os períodos de manutenção programadas e não programadas, bem como o tempo para se recuperar a partir de uma possível falha do sistema. Funções de alta disponibilidade como um mecanismo de resposta de falha de infraestrutura conceitualmente é bastante simples, mas normalmente requer algum software ou configuração previamente feita para tal efeito.

2.4. Vlan

Uma *vlan* é uma rede local que agrupa um conjunto de máquinas de maneira lógica e não física propriamente dita, utilizando equipamentos de rede como cabos, switches, entre outros (PILLOU, 2016).

Com efeito, numa rede local a comunicação entre as diferentes máquinas é governada pela arquitetura física. Graças às *vlan*s é possível livrar-se das limitações da arquitetura física (constrangimentos geográficos, restrições de endereçamento, etc.), definindo uma segmentação lógica (*software*) baseada num agrupamento de máquinas usando endereços MAC, números de porta, protocolos, etc.

3. Metodologia

O presente trabalho teve como base a implementação de uma infraestrutura de rede numa empresa de contabilidade e consultoria para o agronegócio. A metodologia de desenvolvimento utilizada na construção do projeto pode ser aplicada a qualquer empresa que necessite de uma infraestrutura de rede.

Para o desenvolvimento foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- *Hyper V*: provê a infraestrutura de software e as ferramentas de gerenciamento básico que você pode utilizar para criar e gerenciar um ambiente de virtualização de servidores.
- *Debian*: distribuição *Linux* geralmente voltada para a implantação de servidores.
- *Crashplan*: *software* de *backup* pessoal e para empresas em que o principal foco é o versionamento em nuvem.
- *Diaw*: criação dos diagramas da infraestrutura de rede.
- *Windows Server 2012*: Sistema operacional da Microsoft, com soluções para infraestrutura e virtualização.
- *Samba4*: pacote de software *Linux* que nos possibilita ter um controlador de domínio e um servidor de arquivos completo.
- *PfSense*: sistema operacional de código aberto baseado em *Unix FreeBSD* adaptado para ser usado como um *firewall* e/ou roteador

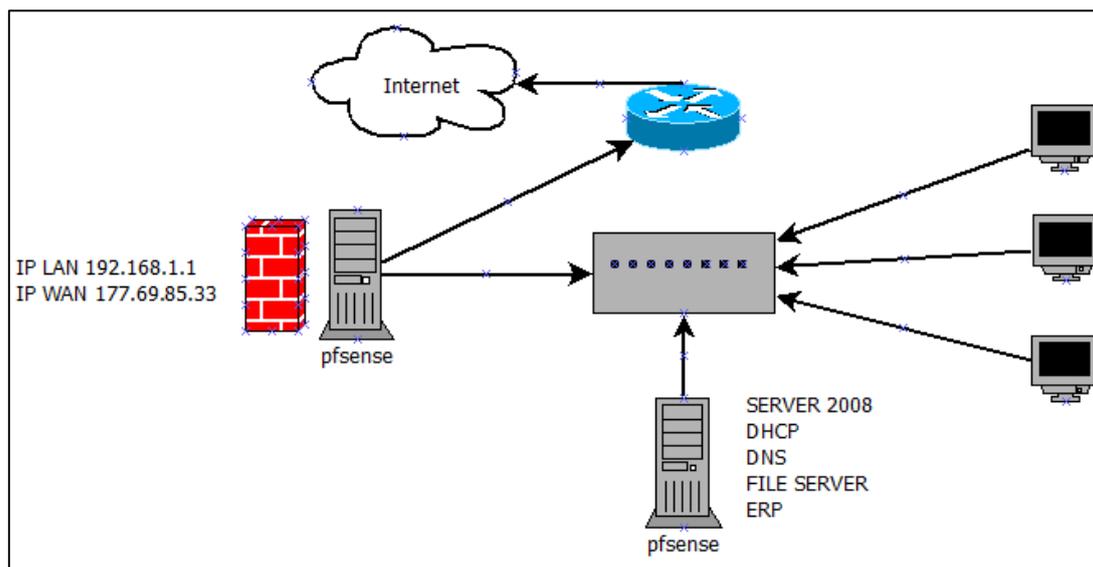
Como suporte para levantamento das informações perante a empresa para o desenvolvimento do projeto, foi utilizada a coleta de informações via e-mail, atendimentos realizados pela TI no período do primeiro trimestre de 2016, e reuniões com a diretoria e a TI para se ter conhecimento dos problemas atuais e principalmente das necessidades que a empresa tinha com relação a segurança, disponibilidade e integridade de suas informações.

4. Desenvolvimento e resultados

Num primeiro momento foi necessária a realização de mapeamento de toda a atual infraestrutura de rede da empresa, através de diagramas e análise de como os processos vinham sendo utilizados pela equipe e pelos colaboradores da empresa.

Os procedimentos iniciais se basearam em inicialmente fazer um diagrama do estado atual da rede da matriz, como se pode ver na Figura 1, precedendo de um levantamento de requisitos do que necessariamente é composta a infraestrutura de TI da empresa atualmente.

Figura 1. Diagrama de rede da matriz



Fonte: Dados do trabalho, 2016.

No cenário em que a empresa se encontrava, percebeu-se a necessidade de melhoria em diversos serviços, principalmente no que diz respeito ao gerenciamento de recursos que reduzem a inoperabilidade de servidores, sistemas e demais serviços oferecidos pela empresa aos seus clientes.

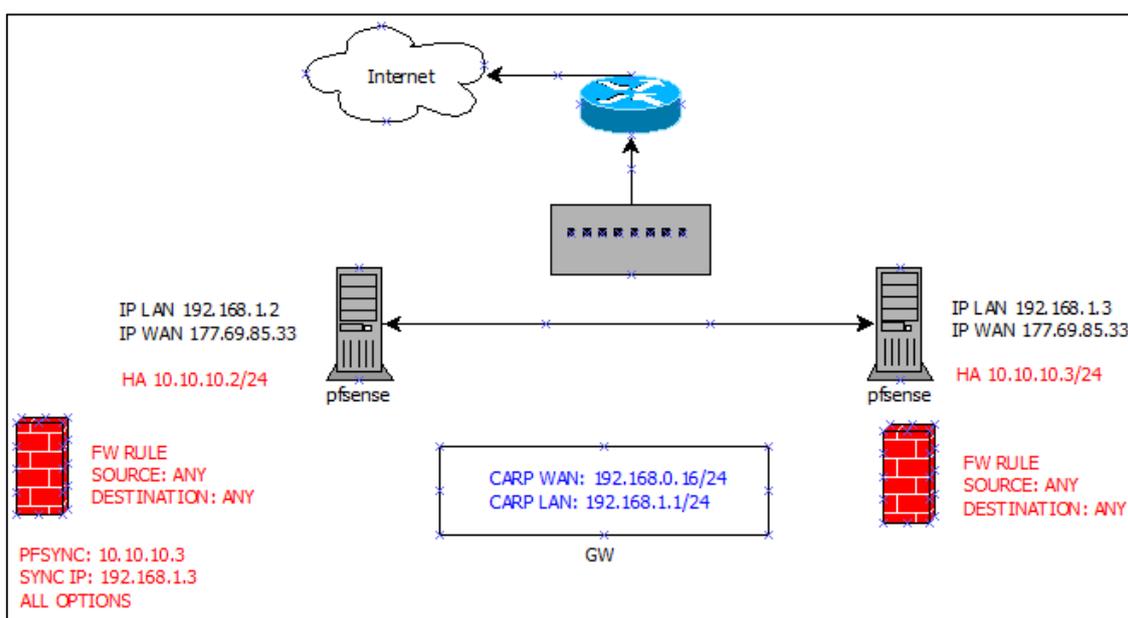
Visto que a empresa tem em sua carta de clientes 92% deles fora da cidade de

Patos de Minas, a mesma utiliza-se de recursos de conexão remota para que os colaboradores possam acessar o servidor dos clientes em questão para o recolhimento de informações, documentos, análise de dados e balancetes contábeis. Foi identificado um certo risco em que a mesma se encontrava por não contar com alta disponibilidade em seus recursos de rede.

A primeira questão abordada para a implementação foi a implantação do *firewall Pfsense*: em reunião com a equipe de TI, entendeu-se que esta era uma solução bem recomendada no mercado, sendo reconhecida no mesmo patamar de soluções comerciais como o *Sonic Wall* da *Dell*, *Fortigate* da *Fortinet*, entre outras soluções de segurança. Além disso, não geraria custos com licença de *software*, sendo o UTM uma *open source*, além de possuir uma comunidade amplamente colaborativa no desenvolvimento de seu código fonte.

O *Pfsense* é uma ferramenta robusta, pois une a execução de vários serviços tais como VPN, balanceamento de carga, regras de NAT, regras de firewall, monitoramento de tráfego suspeito, bloqueio de conteúdo impróprio, essas que seriam imposições da empresa para se adequar à política de segurança da informação desenvolvida pela mesma. Pode-se observar, na Figura 2, o diagrama da implementação do *firewall* mostrando o recurso de alta disponibilidade, caso o mesmo venha a ocasionar alguma falha.

Figura 2. Diagrama de HA do firewall Pfsense



Fonte: Dados do trabalho, 2016.

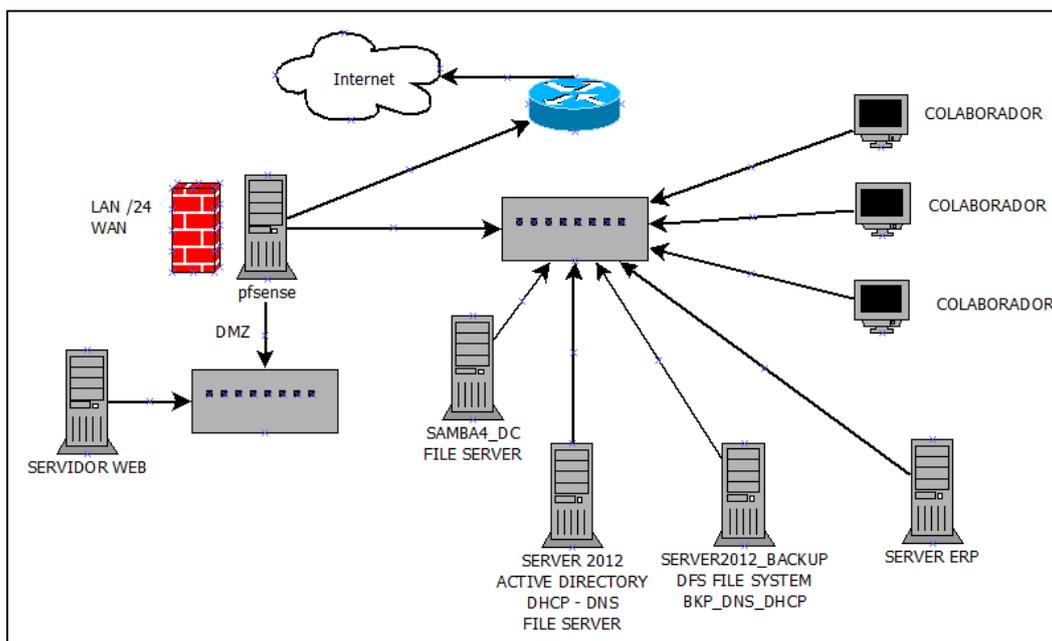
Outro ponto a ser observar bem foi uma melhor análise do tráfego de rede através dos pacotes que o *Pfsense* oferece, utilizando o *squid* e o *squidguard*. Isso possibilitou que relatórios de conteúdo acessado fossem analisados pela coordenação da empresa e que fossem repassados para a TI os ajustes necessários para filtros de bloqueio por

grupo de usuários, melhorando assim a navegação da internet em que conteúdo com gasto excessivo de banda sem utilidade foi bloqueado.

Ao utilizar o pacote *snort*, que é uma aplicação que pode ser instalada em conjunto com o *firewall*, tendo a função de fazer detecção de intrusões na rede, foi possível fazer a análise de tráfego em tempo real e o registro de pacotes. Foi observado que muitos pacotes estavam sendo enviados para as portas UDP 3389 e 3489, respectivamente serviços de RDP *Terminal Server* e servidor STUN utilizado no PABX da empresa. Ao fazer esses bloqueios, percebeu-se uma melhora relatada pelos usuários na performance do VOIP nas chamadas entre as unidades da empresa.

Um dos problemas que a empresa tinha era a alta dependência de somente um servidor Windows Server 2008, fazendo funções mais do que sua capacidade podia suportar, além de estar sendo usado por diversas funções, tornando-o sobrecarregado. Para sanar esse problema, foram separadas as funções de cada servidor em específico, fazendo-se a distribuição correta, ficando cada serviço necessário em seu respectivo servidor, como se pode observar na Figura 3.

Figura 3. Diagrama de rede da matriz



Fonte: Dados do trabalho, 2016.

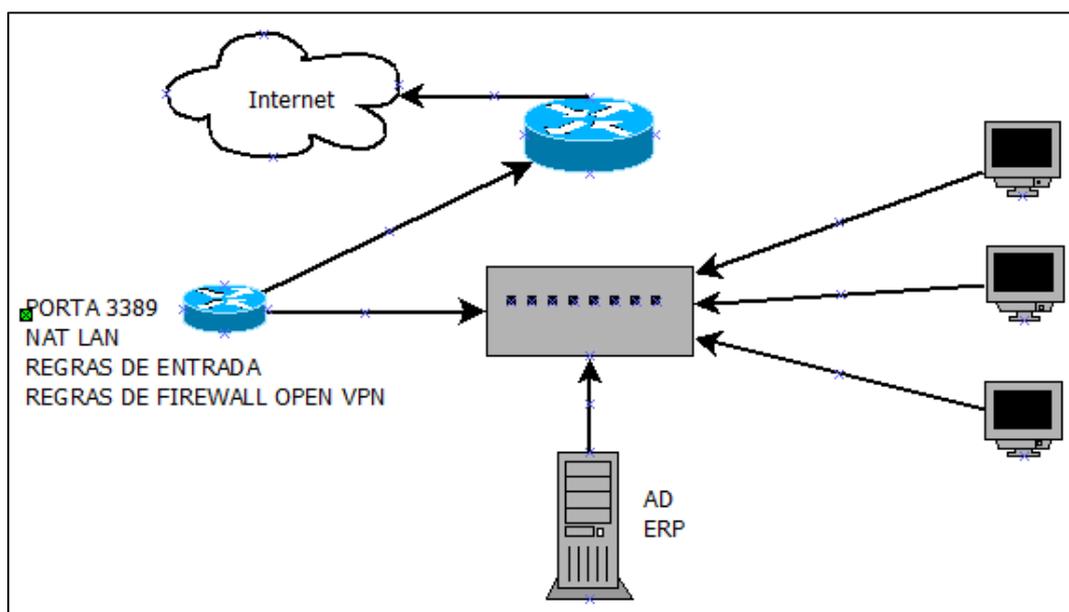
Antes da implantação do *firewall pfSense*, o acesso era feito totalmente liberado, utilizando-se o protocolo RDP via conexão de área de trabalho remota rodando sobre a porta 3389, onde a mesma não possuía nenhuma regra de entrada, ocasionando problemas pelo vírus *ransomware*, que foi um problema encontrado durante a implementação deste projeto.

Ransomware é um tipo de *malware* que restringe o acesso ao sistema e até mesmo

ao computador infectado, e cobra um valor de “resgate” para que o acesso seja reestabelecido. O *ransomware* visto durante o projeto foi do tipo *Cryptolocker*, que compacta os arquivos no computador da vítima em um pacote criptografado em 256 bits.

A resolução deste problema foi através da criação de um túnel VPN entre o cliente externo e o servidor de autenticação, juntamente com o servidor de ERP da empresa que oferece *software* como *SAAS* para os mesmos. Pode-se observar na Figura 4 o diagrama de como agora é feito o acesso do cliente externo.

Figura 4. Diagrama de conexão do cliente externo



Fonte: Dados do trabalho, 2016.

Além dos diagramas e implantações que foram feitas, como se pode observar, para uma melhor gestão do negócio da empresa, juntamente com a TI, diversas melhorias e implementações foram feitas visando a disponibilidade dos serviços, a integridade e a segurança das informações:

- Servidor de autenticação espelhado fisicamente (redundância);
- Servidor de arquivos com redundância física, configuração de permissão dos usuários à diretórios mapeados pela rede;
- Implantação do *firewall pfsense* como roteador de borda;
- Estrutura de *backup* interna e externa com versionamento de arquivos em nuvem;
- Separação de departamentos utilizando *v lans* para segmentação de *broadcast*, diminuindo tráfego desnecessário de rede isolando a comunicação com outros setores;

- Documentação de toda a infraestrutura de rede e seus respectivos diagramas, através de documentos de instruções e manuais;
- Alta disponibilidade do servidor de autenticação *Active Directory*;
- Implantação do servidor DHCP e DNS;
- Servidor *Debian* com o pacote do Samba 4 fazendo a função de Controlador de Domínio;
- Replicação de arquivos utilizando DFS;
- Bloqueio de sites utilizando o *squid* e *squidguard* gerando relatórios de acesso, tráfego de internet gasto pelos usuários;
- VPN Cliente Servidor para o acesso dos clientes externos, VPN *Site to Site* para acesso dos clientes internos.

5. Conclusão

O trabalho realizado possibilitou a justificativa da implementação da infraestrutura de rede da empresa. O desenvolvimento deste projeto propiciará à TI um autocohecimento do que é realizado, uma melhor gestão e organização de toda a infraestrutura de rede referente à estrutura de recursos e também aos processos utilizados.

A principal dificuldade encontrada durante o desenvolvimento do projeto foi a falta de dados e informações em relação aos processos que eram efetuados pelo setor de TI. A falta dessas informações durante o projeto teve grande impacto nos resultados obtidos, pois gerou a necessidade de ter toda a documentação do que foi desenvolvido e de todos os processos realizados pela TI, como forma de continuidade dos serviços, não ficando sob dependência de nenhum colaborador o conhecimento sobre determinada ferramenta ou serviço prestado.

Como trabalho futuro, será feita a implantação do Gerenciamento de Incidentes e de Problemas, juntamente com um sistema de Help Desk e monitoramento, abrangendo uma base de dados de erros conhecidos, para um melhor atendimento da equipe de suporte perante os clientes externos e internos. Espera-se a implantação gradativa desses serviços, após análise e feedback da aplicação dos processos iniciais e dos demais processos, com o intuito da melhoria gradativa e contínua dos serviços prestados pela equipe de TI da empresa.

Existem estudos que mostram que, se uma empresa hoje investe em TI, ela leva mais ou menos 5 anos para ter o retorno sobre esse investimento. Com esse projeto, demonstramos exatamente esse retorno e o quanto é importante as empresas focarem nesse investimento.

O fato é que os gestores com poder de decisão sobre investimentos em TI precisam saber o que a empresa ganha como retorno do capital investido em um projeto. As decisões precisam estar baseadas em números e benefícios tangíveis, que possam ser mensurados. Medidas quantificáveis e métricas é que vão esclarecer se a iniciativa é significativa para a melhoria da empresa. O ROI tem, portanto, o papel de provar às partes interessadas, sejam diretores técnicos, sejam gestores executivos, que fazer um determinado investimento em um projeto de TI pode trazer benefícios para o seu negócio.

Após a implantação da infraestrutura em todo ambiente de produção, espera-se que a alta disponibilidade dos serviços contribua para a mínima interrupção possível do negócio da empresa. Com um ambiente de tecnologia dinâmico e gerenciado, você reduz o custo operacional, mantém sua empresa funcionando, sua equipe se comunicando e conseqüentemente diminui em escala quase zero a indisponibilidade de seus serviços oferecidos perante aos seus clientes.

Referências

- ANDRADE, Márcio. *Conhecendo e configurando o PfSense*. 2015. Disponível em: <<http://sejalivre.org/conhecendo-configurando-pfsense/>>. Acesso em: 14 fev. 2016.
- DAVID, Daves. *Configuring Vlans*. 2007. Disponível em: <<http://searchnetworking.techtarget.com/Configuring-VLANs/>>. Acesso em: 28 fev. 2016.
- FILHO, Antônio Silva. *Segurança da Informação*. 2010. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/042/42amsf.htm/>>. Acesso em: 04 fev. 2016.
- INFOTECH. *Conceito de Infraestrutura de TI*. 2011. Disponível em: <<https://infotechsolucoes.wordpress.com/2011/03/25/conceito-de-infraestrutura-de-ti/>>. Acesso em: 28 fev. 2016.
- MAIA, Marco. *Segurança da informação*. 2015. Disponível em: <<http://segurancadainformacao.modulo.com.br/seguranca-da-informacao> >. Acesso em: 24 fev. 2016.
- PINHEIRO, José. *Conceitos de Infraestrutura*. 2010. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/aulas/ugb_infraestrutura/UGB_aula1_Conceitos_de_Infraestrutura.pdf>. Acesso em: 04 set. 2016.
- PILLOU, Jean. *Vlan – Redes Virtuais*. 2016. Disponível em: <<http://br.ccm.net/contents/289-vlan-redes-virtuais/>>. Acesso em: 12 nov. 2016.
- HEIDI, Erika. *Alta disponibilidade de Infraestrutura de Redes*. 2016. Disponível em: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/what-is-high-availability>/. Acesso em: 26 fev. 2016.

Sistema de avaliação baseado em técnicas de aprendizado de máquina

Evaluation system based on machine learning techniques

Lorraine Nayara Porto Siqueira

Graduanda do curso de Sistemas de Informação (UNIPAM).
e-mail: lorrannenpsiqueira@gmail.com

José dos Reis Mota

Professor orientador (UNIPAM). e-mail: josereis@unipam.edu.br

Resumo: Este artigo descreve o desenvolvimento de um sistema de avaliação web e a utilização de técnicas de aprendizado de máquina empregando análise preditiva para validação dos resultados obtidos nas avaliações. O objetivo de desenvolvimento desse sistema é proporcionar dados para que seja feito o acompanhamento do desenvolvimento dos alunos e, assim, para que os envolvidos no processo educativo tenham condições de propor intervenções pedagógicas e, como consequência, buscar resultados ainda melhores para a instituição e para os alunos, tanto no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), como no decorrer do seu percurso acadêmico. Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas tecnologias como o SCRUM e a linguagem de programação PHP com a utilização do modelo MVC (*Model, View, Controller*), banco de dados MySQL, para processo de desenvolvimento; e o ambiente Microsoft Azure Machine Learning Studio para o aprendizado de máquina.

Palavras-chave: Aprendizado de máquina. Sistema de avaliação. Inteligência artificial.

Abstract: This article describes the development of a web evaluation system and the use of machine learning techniques using predictive analysis to validate the results obtained in the evaluations. The goal of this system is to provide data to monitor the development of the students, so that those involved in the educational process are able to propose pedagogical interventions and as a consequence seek even better results for the institution and for the students, both in the National Student Performance Exam (ENADE) and in the course of their academic career. For the development of the work we used technologies such: SCRUM; PHP programming language using the MVC (*Model, View, Controller*) model, MySQL database for the development process; and the Microsoft Azure Machine Learning Studio, for machine learning.

Keywords: Machine learning. Evaluation system. Artificial Intelligence.

1. Introdução

O processo de tomada de decisões dentro de uma organização pode ser bastante difícil, já que a busca por uma melhor solução para uma oportunidade ou problema pode gerar consequências positivas ou negativas. A utilização de um sistema de apoio à tomada dessas decisões apresenta grande valia, pois o mesmo, por meio do cruzamento de informações, fornece apoio e aponta a melhor decisão a ser tomada.

Entretanto, esse é um modelo que pode ir além da área de negócios. Em projetos educacionais, um sistema como esse pode gerar indicadores que auxiliam instituições de ensino, professores, tutores e alunos, contribuindo, assim, para que decisões sejam baseadas em dados, evitando riscos e falhas que possam gerar impactos negativos.

Um ambiente de aprendizagem é um espaço em que um indivíduo está sujeito a oportunidades de aprendizagem. Entretanto, isso não precisa estar diretamente ligado a um ambiente físico. O avanço da tecnologia, o alcance da internet e, principalmente, a mobilidade, possibilitam que as atividades transcendam os limites de uma sala de aula.

Buscando efetivar essas oportunidades de aprendizagem, assim como obter informações para auxiliar decisões estratégicas, este trabalho tem como objetivo modelar e desenvolver um sistema para avaliação de alunos, assim como utilizar técnicas de aprendizado de máquina, empregando análise preditiva para validação dos resultados obtidos. O emprego de aprendizado de máquina possibilita a análise do possível resultado final do aluno em disciplinas, evitando reprovações e seus problemas correlatos, como o aumento do índice de evasão. Além disso, o sistema de avaliação trabalha com conteúdos avaliados pelo Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), utilizado como instrumento governamental para avaliar e qualificar as instituições de ensino.

O sistema foi desenvolvido no Centro Universitário de Patos de Minas, buscando auxiliar o acompanhamento do desempenho do aluno, de forma que os envolvidos no processo educativo possam propor intervenções, buscando aperfeiçoá-lo. Como consequência, espera-se melhorar ainda mais os resultados da instituição no ENADE.

Ao estabelecer um prognóstico do resultado de alunos com base em dados já existentes, é possível antecipar ações e intervenções pedagógicas de forma que a instituição possa estabelecer metas para melhorar um determinado resultado, ou de forma que o próprio aluno possa antecipar ações, visando o alcance dos objetivos acadêmicos.

2. Revisão de literatura

Nesta seção, são apresentados conceitos referentes a aprendizado de máquina e avaliações no contexto educacional, assim como sobre as tecnologias utilizadas para conduzir o trabalho.

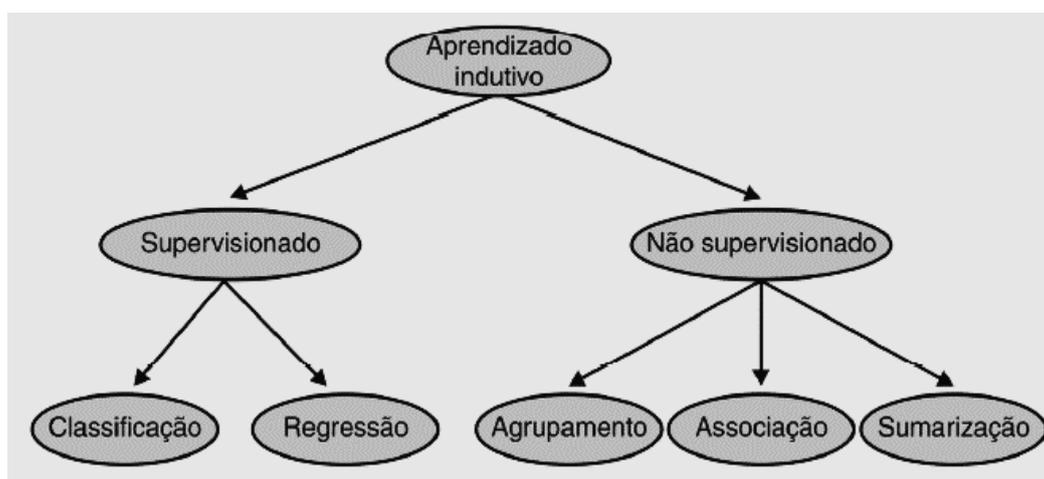
2.1. Aprendizado de máquina

A área de aprendizado de máquina (AM) é considerada um ramo da Inteligência Artificial, cujo objetivo é construir sistemas que sejam capazes de aprender de forma automatizada a partir de dados (BRINK; RICHARDS, 2014). Algoritmos de AM aprendem a induzir uma função ou hipótese capaz de resolver um problema a partir desses dados que representam instâncias do problema a ser resolvido (CARVALHO, 2011).

Segundo Carvalho (2011), algoritmos de AM são utilizados em diversas tarefas, que podem ser organizadas de acordo com diferentes critérios. Essas tarefas de aprendizado podem ser divididas em descritivas e preditivas.

Nas tarefas descritivas, a meta é explorar ou descrever um conjunto de dados. Já nas tarefas preditivas, a meta é encontrar uma função a partir dos dados de treinamento que possa ser usada para prever valores desconhecidos ou futuros de outras variáveis. Os tipos de tarefas de aprendizado podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1. Hierarquia de Aprendizado



Fonte: CARVALHO, 2011, p. 6

No topo da hierarquia, temos o aprendizado indutivo, em que são realizadas generalizações a partir dos dados. Em seguida, os tipos de aprendizado supervisionado e não supervisionado que correspondem, respectivamente, aos tipos preditivo e descritivo. As tarefas supervisionadas se diferenciam pelo tipo dos rótulos de dados: no caso de classificação, ele é discreto e, no caso de regressão, ele é contínuo.

Já as tarefas não supervisionadas são divididas em agrupamento, associação e sumarização. No agrupamento, os dados são agrupados de acordo com a similaridade; na associação, o objetivo é encontrar padrões frequentes de associações entre os atributos de um conjunto de dados; já a sumarização consiste em encontrar uma descrição simples e compacta para um conjunto de dados.

No desenvolvimento deste projeto, o foco foi nas tarefas de aprendizado indutivo supervisionado, ou seja, a partir de dados já existentes, foram obtidos modelos

preditivos em relação ao aproveitamento acadêmico dos discentes.

2.2. Avaliação da aprendizagem

Nos últimos anos, segundo Cervi (IESDE, 2001), o conceito de avaliação da aprendizagem tem evoluído muito e sensivelmente. Se antes ela era vista como uma quantificação no processo de ensino e como aquilo que propositadamente o aluno tenha aprendido dentro do contexto escolar, hoje ela está mais estabelecida com complexidade e amplitude.

No trabalho docente, a avaliação é tarefa necessária para que professores e instituição possam acompanhar o processo de ensino. É a partir dessa avaliação que o professor consegue comparar os objetivos propostos e, dessa forma, constatar progressos e dificuldades. São os resultados que os auxiliam a tomar decisões sobre o seu trabalho.

2.3. Tecnologias na educação

Uma grande evolução da humanidade é a facilidade com que o conhecimento pode chegar em todos os lugares com apenas alguns cliques. Essa modalidade de educação é efetivada a partir do intenso uso de tecnologias de informação e comunicação, podendo ou não apresentar momentos presenciais (MORAN, 2009).

De acordo com Paulo Freire (2003, p. 21), “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou sua construção”, e isso pode ocorrer em qualquer ambiente, seja ele presencial ou virtual. Diante das influências tecnológicas de informação e comunicação, a mobilidade tecnológica vem contribuindo para um novo modelo de educação, e as instituições de ensino vêm se adaptando a esse novo modelo, adotando esses sistemas.

2.4. Scrum

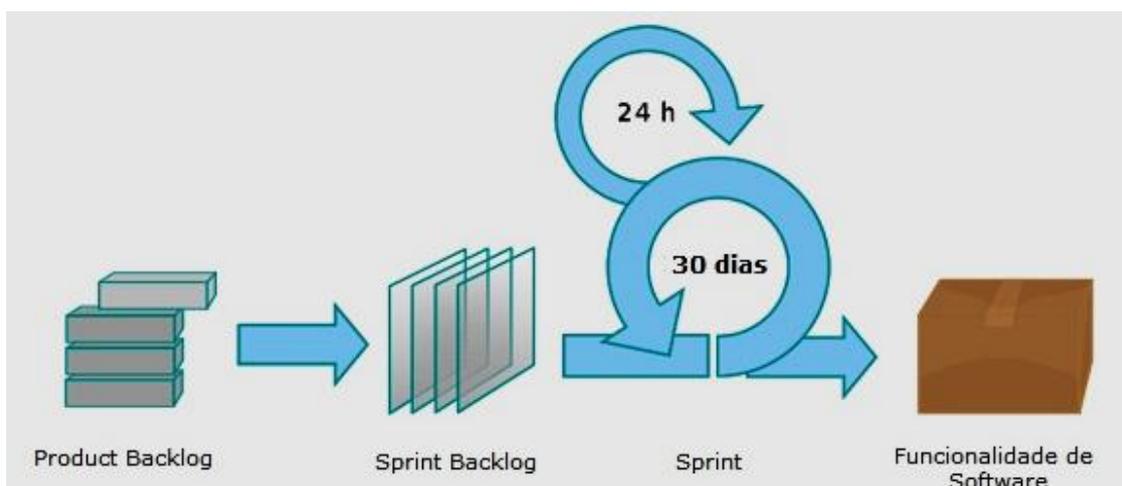
O framework Scrum é uma metodologia ágil para gestão e desenvolvimento de projetos. É uma ferramenta capaz de controlar de forma eficaz e eficiente o trabalho, unindo equipes e cliente em função de um objetivo em comum (PRESSMAN, 2006).

É importante saber que o Scrum trabalha com grupos altamente gerenciáveis, que trabalham nos seguintes papéis (KNINBERG, 2007):

- *Product Owner*: é o que define os requisitos do produto e prioriza os itens do *Product Backlog*, defende os interesses do cliente e motiva a equipe.
- *Scrum Master*: garante que o time esteja produtivo e funcional, ou seja, é responsável por eliminar impedimentos e colabora com o *Product Owner* na priorização de requisitos.
- *Time Scrum*: normalmente um time formado por cinco a nove pessoas, que são responsáveis por estimar tempo e valores para tarefas de desenvolvimento.

Na Figura 2, é apresentado o ciclo de vida de um desenvolvimento de software utilizando-se o Scrum.

Figura 2. Ciclo de vida da metodologia Scrum



Fonte: DevMedia - Desenvolvimento ágil com Scrum: uma visão geral, 2012

Inicia-se o ciclo com o chamado *Product Backlog*, um registro que contém as funcionalidades a serem desenvolvidas. Através do *Product Backlog* são criados ciclos que são chamados de *Sprints*. No início de cada *Sprint*, é realizado um *Sprint Planning Meeting*, uma reunião de planejamento em que o *Product Owner* prioriza itens do *Product Backlog* e a equipe seleciona as atividades que serão capazes de serem realizadas dentro da *Sprint* que se inicia. Essas tarefas que são definidas na *Sprint* são movidas de *Product Backlog* para *Sprint Backlog*.

O *Daily Scrum* é uma breve reunião feita a cada dia de uma *Sprint* que acontece normalmente na primeira parte do dia, em que o objetivo é informar sobre o que foi feito no dia anterior, identificar o que será feito no dia e resolver possíveis impedimentos.

Ao final de uma *Sprint*, as funcionalidades implementadas são apresentadas pela equipe em uma *Sprint Review Meeting*. É nessa reunião que o projeto é avaliado em relação aos objetivos da *Sprint*. Finalmente, é realizada uma *Sprint Retrospective* que serve para identificar o que funcionou bem, o que pode ser melhorado e como pode ser melhorado. Assim, o ciclo se reinicia (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

3. Metodologia

Inicialmente, foi feito um estudo bibliográfico sobre aprendizado de máquina, área da Inteligência Artificial, que foi utilizado no trabalho para a obtenção de resultados. Também foram estudadas tecnologias utilizadas no desenvolvimento do projeto, levando em consideração recursos, disponibilidade e custos para a adoção do sistema.

O sistema de avaliação baseado em técnicas de aprendizado de máquina foi desenvolvido utilizando-se o Scrum. A cada *Sprint*, novas funcionalidades foram desenvolvidas, testadas e acopladas ao sistema.

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

Quadro 1. Ferramentas e tecnologias utilizadas

Nome	Descrição
Sublime Text	IDE de desenvolvimento que dá suporte a linguagem PHP
Visual Paradigm for UML	Software utilizado para desenvolver os diagramas UML
MockupBuilder	Software para modelagem de protótipos
Navicat Premium	Ferramenta para gerenciar banco de dados MySQL.
Microsoft Office Word	Editor de texto utilizado para gerar a documentação do projeto
Microsoft Azure Machine Learning Studio	Ambiente disponibilizado pela Microsoft para criar experiências de aprendizado de máquina

Fonte: Dados do trabalho

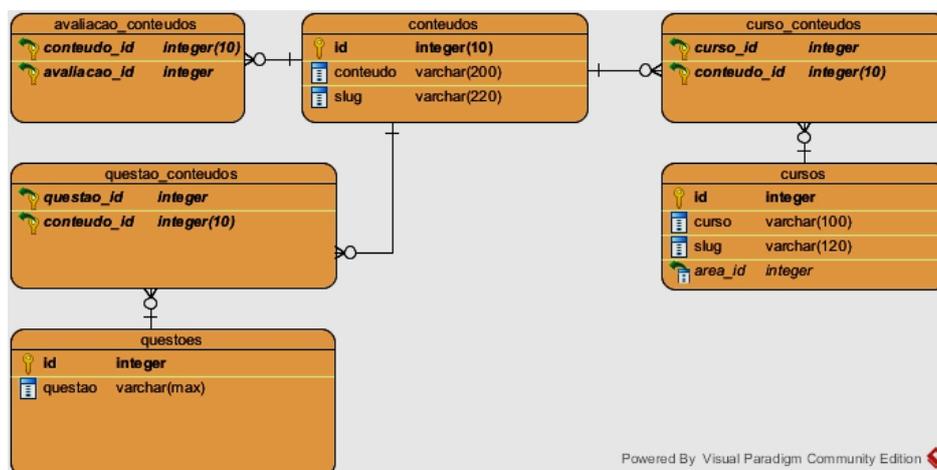
Na fase de estruturação do projeto, foram utilizadas as ferramentas *Microsoft Office Word* e *Visual Paradigm for UML* para documentação dos requisitos e para a construção dos diagramas de caso de uso: diagrama entidade relacionamento e diagrama de classes. Na fase de desenvolvimento, foi utilizado o *Sublime Text* para codificação do sistema e o *Navicat Premium* para gerenciar o banco de dados, em que os dados são armazenados. Para criar experiências com os dados e empregar as técnicas de aprendizado de máquina, foi utilizada a plataforma oferecida pela *Microsoft*, *Azure Machine Learning Studio*.

4. Desenvolvimento e resultados

Inicialmente, foi necessária a realização de uma pesquisa para entender o formato do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), a fim de colher todos os requisitos que seriam necessários para o desenvolvimento do sistema, uma vez que um dos objetivos do sistema é simular o exame de forma automatizada.

Para descrever o modelo de dados, foi elaborado o Diagrama Entidade Relacionamento (DER), representado parcialmente na Figura 3, que é composto de tabelas ou entidades, seus atributos e relacionamentos.

Figura 3. Diagrama Entidade Relacionamento (DER)



Fonte: Dados do trabalho

Entre as entidades, existem aquelas que são importantes para o funcionamento do sistema, como a entidade que mantém informações dos usuários (*users*), pois é a partir dela que será feito o controle de acesso ao sistema, já que o mesmo é restrito apenas a usuários autorizados. Existem também aquelas que são a chave para o aprendizado de máquina, como a entidade que salva o resultado dos alunos, pois a partir dos resultados dos alunos é que são gerados resultados para a instituição.

Outra entidade chave para o sistema é a entidade de conteúdos. A fim de obter um resultado efetivo, o conteúdo é relacionado com o curso, com a avaliação e com as questões. Ao criar uma avaliação, será necessário informar quais conteúdos serão avaliados e, dessa forma, o sistema buscará questões que foram relacionadas a esse conteúdo. A avaliação poderá ser aplicada para todos os alunos dos cursos que também possuem esse conteúdo associado.

Quando o aluno entra no sistema, é apresentado para ele um histórico das avaliações que foram realizadas, as avaliações que estão disponíveis e as futuras avaliações. Após a realização da avaliação, o aluno pode analisar seu resultado, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4. Tela de resultados da avaliação



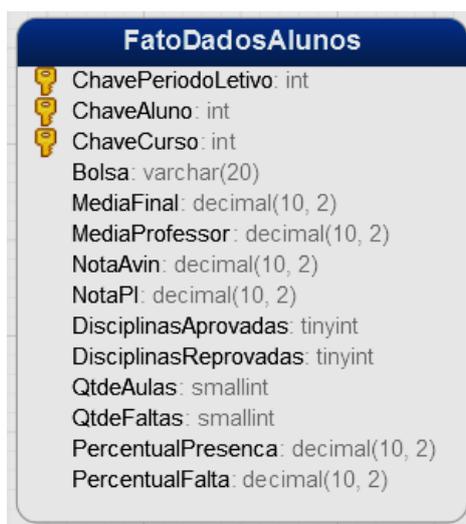
Fonte: Dados do trabalho.

Com a participação dos alunos, a instituição pode fazer análises com os dados, filtrando por aluno, por curso e por conteúdo, e trabalhar dentro desses resultados para tomar decisões e, possivelmente, adquirir melhoria nos processos de aprendizagem da instituição e contribuir para o aprendizado dos próprios alunos.

Além disso, foi modelado um *DataWarehouse* para coleta e análise dos dados de avaliação dos alunos em etapas anteriores, de forma que esses dados possam ser usados como treinamento para os algoritmos de aprendizado de máquina e comparação de resultados. A Figura 5 representa a tabela fato criada para efetuar essa análise.

Conforme se pode observar, várias dimensões podem ser utilizadas para a análise, como a etapa de avaliação que, no caso do UNIPAM, são: a) etapa de pontos distribuídos pelo professor (40,0 pontos); b) etapa de avaliação colegiada (20,0 pontos); c) etapa de avaliação integradora (20,0 pontos); d) etapa de projeto integrador (20,0 pontos). Com os dados históricos, pode-se fazer uma análise preditiva dos resultados dos alunos e compará-los aos resultados reais ao aplicar a avaliação gerada pelo sistema. As variáveis podem ser comparadas e ajustadas para verificar, por exemplo, qual a etapa de avaliação traduz melhor o resultado do aluno. Esse modelo é representado pela Figura 5.

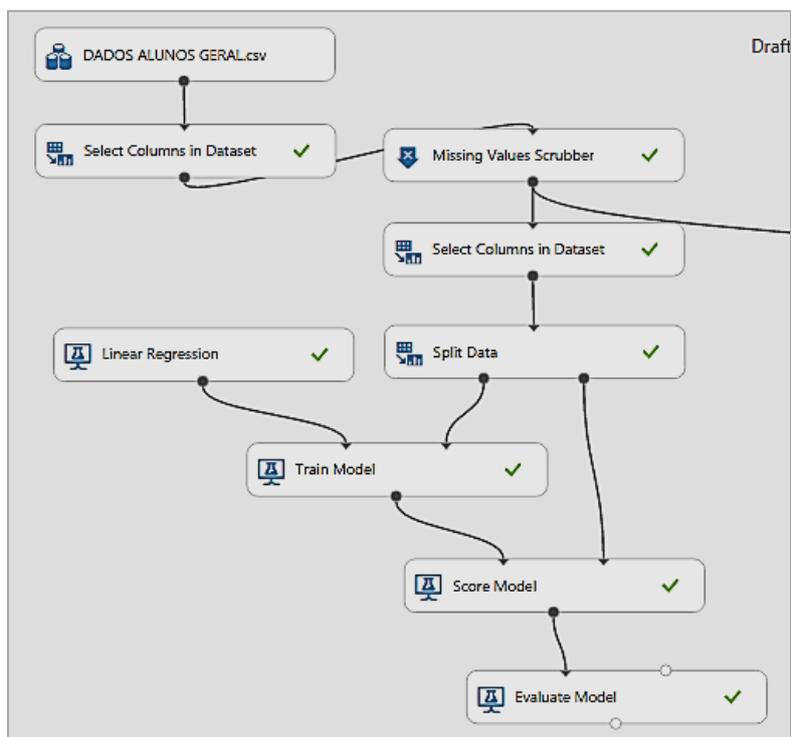
Figura 5. Diagrama Entidade Relacionamento



Fonte: Dados do trabalho.

Depois de realizar a coleta e a análise dos dados dos alunos em períodos anteriores, foram criados dois modelos utilizando regressão linear para prever a nota média final dos alunos, empregando algumas variáveis diferentes. No primeiro modelo, foram utilizadas as variáveis: tipo de bolsa, curso, turno, média final, média da nota distribuída por professor, nota do Projeto Integrador e nota da Avaliação Integradora. No segundo modelo, foram adicionadas todas as variáveis do primeiro modelo e acrescentadas as seguintes: quantidade de disciplinas aprovadas e reprovadas; quantidade de faltas e aulas; e percentual de falta e presença. A figura 6 traz a representação do primeiro modelo.

Figura 6. Modelo de regressão linear



Fonte: Dados do trabalho.

Cada etapa representada na Figura 6 é chamada de módulo. O ciclo se inicia na escolha de um *Dataset*, que corresponde aos dados extraídos. Pode-se escolher com quais variáveis o experimento irá trabalhar, utilizando-se o módulo de *Select Columns in Dataset*. O módulo de *Split Data* tem a função de dividir os dados. Nessa etapa, é possível escolher qual a porcentagem que será dedicada ao treinamento, e o restante será aplicado em teste.

Nos dois modelos que foram criados, 70% dos dados foram dedicados ao treinamento e 30% dedicado aos testes. No módulo *Linear Regression*, é utilizado um algoritmo de Regressão Linear. Regressão é um dos tipos de técnicas de aprendizado de máquina supervisionado e é utilizada para prever um número, por exemplo. No *Train Model*, define-se qual variável será prevista e, nesse caso, a variável é média final. O *Score Model* é o responsável por gerar as previsões usando um treinamento de classificação ou regressão. Para analisar e testar a qualidade dos resultados, utiliza-se o *Evaluate Model*.

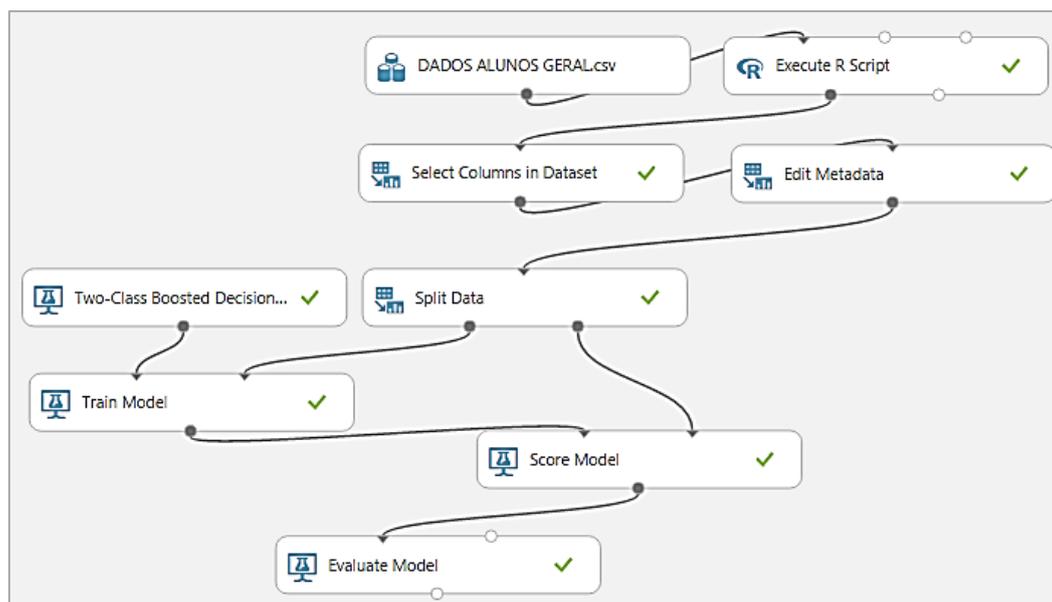
A Figura 7 mostra a análise de dados dos modelos I e II, respectivamente, calculados pelo *Evaluate Model*. Nessas variáveis, quanto menor o valor, melhor, pois maior é a chance de as previsões se aproximarem dos valores reais. Para o *Coefficient of Determination* (Coeficiente de Determinação), o ideal é que esse número esteja bem próximo de 1, pois indica que as previsões foram melhores. O modelo II segue a mesma proposta, havendo apenas um acréscimo de variáveis. Pode-se concluir que, com o acréscimo das variáveis de frequência e índice de aprovação, os resultados foram melhores.

Figura 7. Resultado Experiência 1 dos modelos I e II

TCC RL > Evaluate Model > Evaluation results		TCC RL > Evaluate Model > Evaluation results	
Metrics		Metrics	
Mean Absolute Error	1.208518	Mean Absolute Error	1.09485
Root Mean Squared Error	2.275941	Root Mean Squared Error	1.955589
Relative Absolute Error	0.155653	Relative Absolute Error	0.141013
Relative Squared Error	0.052103	Relative Squared Error	0.038468
Coefficient of Determination	0.947897	Coefficient of Determination	0.961532

Fonte: Dados do trabalho.

Utilizando o mesmo conjunto de dados, foi criado um experimento utilizando-se um algoritmo de classificação. Classificação também é uma das técnicas de aprendizado supervisionado e é utilizada para prever uma resposta de um conjunto definido de categorias. A Figura 8 apresenta o experimento realizado.

Figura 8. Modelo de classificação

Fonte: Dados do trabalho.

Nesse experimento, foi utilizado um módulo de execução de script. O script foi escrito em linguagem R e calcula a média final do aluno, baseado nas outras variáveis que foram utilizadas no primeiro experimento. Se a nota for maior ou igual a 60, indica que o aluno foi aprovado, se não, reprovado. Essa regra é baseada no modelo de avaliação utilizado na instituição. O módulo *Two-Class Boosted Decision Tree* é o responsável pela classificação binária (aprovado, reprovado).

Figura 9. Resultado Experimento 2

nota_media_professor	nota_pi	nota_avin	disciplinas_aprovadas	disciplinas_reprovadas	Scored Labels	Scored Probabilities
						
17.37	19.3	8	1	6	fail	0.0001
50.26	19	16.15	5	0	pass	0.99993
31.18	16	12	3	3	pass	0.82013
24.82	16	5.33	0	5	fail	0.000093

Fonte: Dados do trabalho.

A Figura 9 mostra alguns exemplos de resultados após a execução do algoritmo de classificação. À esquerda, são apresentadas cinco variáveis que pertencem ao conjunto de dados. A coluna *Scored Labels* mostra a previsão de cada registro. Pode-se observar que o somatório das notas do primeiro registro é de 44,67, o que, de fato, implicaria reprovação, como mostra o *Scored Labels*. Mas o somatório das notas não é a chave para a decisão, todos os dados são analisados, e isso faz com que o terceiro registro, apesar de não possuir 60,0 pontos, acabe sendo aprovado. A coluna *Scored Probabilities* apresenta a probabilidade de o registro de dados pertencer à classe aprovado. Quanto mais próximo de 1 esse valor for, maior é a chance de essa previsão ser correta. Se o valor é muito baixo, ele decide, então, que o registro não pertence a essa classe e atribui reprovação.

5. Conclusão

O desenvolvimento do trabalho teve como objetivo modelar e desenvolver um sistema de avaliação baseado em técnicas de aprendizado de máquina. O sistema permite que os alunos da instituição realizem avaliações com conteúdos avaliados pelo ENADE, a fim de buscar melhores resultados. O emprego das técnicas de aprendizado de máquina utilizando algoritmos de classificação e regressão sobre os dados da instituição tiveram resultados positivos.

No desenvolvimento do sistema, houve dificuldade para alimentá-lo com questões de maneira que ele pudesse ser utilizado. Para realização de testes, foram utilizadas questões das provas anteriores do ENADE. O incentivo aos alunos para utilizarem com seriedade o sistema é também um desafio que precisa ser trabalhado pela instituição.

Futuramente, pretende-se integrar o sistema de avaliação com o *webservice*, que é disponibilizado pela *Microsoft Azure Machine Learning Studio*, de maneira que, ao preparar-se para fazer uma avaliação, o aluno já consiga receber uma previsão de seus resultados, que pode ser comparada ao seu resultado real, estimulando-o a melhorar o aproveitamento na avaliação. Da mesma forma, os alunos poderão, ao longo do semes-

tre letivo, receber uma previsão em relação ao seu resultado final, alertando-os para uma possível reprovação ou estimulando-os a melhorarem seus resultados.

Os resultados dos alunos nas avaliações feitas no sistema também servirão de base para empregar outros algoritmos de análise preditiva, de forma a tentar buscar por resultados cada vez melhores que sirvam para tomada de decisões da instituição.

Referências

BRINK, H.; RICHARDS, J. *Real world Machine Learning*. [S.l.]: Manning Publications C.O, 2014.

CARVALHO, André Carlos Ponce de Leon F. *et al. Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CERVI, Rejane de Medeiros. *Didática*. Curitiba: IESDE. 2001.

DEVMEDIA. *Desenvolvimento ágil com scrum: uma visão geral*. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/desenvolvimento-agil-com-scrum-uma-visao-geral/26343>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

KNINBERG, Henrik. *Scrum e XP direto das trincheiras: como nós fazemos Scrum*. C4media, 2007. Disponível em <https://www.cti.ufu.br/sites/cti.ufu.br/files/scrum-e-xp-direto-das-trincheiras.pdf>

MORAN, J. M. *O que é Educação a Distância*. Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/dist.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de software*. 6. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2006.

SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. *Guia do scrum: um guia definitivo para o Scrum: as regras do jogo*. São Paulo: Desc, 2013.

Adaptação do método de dosagem da ABCP/ACI à região do Alto Paranaíba-MG

Adaptation of the ABCP / ACI dosage method to the Alto Paranaiba - MG region.

Wesley de Sousa Araujo

Graduando do curso de Eng. Civil (UNIPAM). e-mail: wesleyaraujo@hotmail.com

Sheilla Pereira Vieira

Professor orientador (UNIPAM). e-mail: sheilapv@unipam.edu.br

Resumo: A dosagem do concreto, além de proporcionar um maior controle sobre o resultado final, uma vez que teoricamente atende a critérios de desempenho levados em conta durante a dosagem, oferece também uma melhor proporção quantitativa entre os constituintes do concreto tornando-o mais barato e com maior qualidade. Existem diversos tipos de métodos de dosagem, dentre eles o Método de Dosagem da ABCP/ACI, que é o mais utilizado na região do Alto Paranaíba-MG. Porém, este método foi criado considerando a caracterização dos agregados como uniformes em todo país. E tal suposição fez com que a dosagem feita com este método apresentasse alguns erros com os valores de abatimento e resistência diferentes dos estabelecidos, uma vez que os valores de módulo de finura, diâmetro máximo, massa unitária e massa específica dos agregados disponíveis nessa região podem ser diferentes dos encontrados em outras partes do país. Por isso, este trabalho busca adaptar esse método a nossa região e apresentá-lo através de tabelas comparativas, proporcionando aos seus usuários resultados mais econômicos e precisos que agredirão menos o meio ambiente, uma vez que não gastará material que é retirado da natureza desnecessariamente.

Palavras-chave: Concreto. Dosagem. Método da ABCP/ACI.

Abstract: The dosing of the concrete, besides providing greater control over the final result, since it theoretically meets the performance criteria taken into account during the dosing, also offers a better quantitative ratio between the constituents of the concrete making it cheaper and of higher quality. There are several types of dosage methods, among them the ABCP/ACI Dosing Method, which is the most used in the Alto Paranaíba-MG region. However, this method was created considering the characterization of the aggregates as uniforms in every country. And such an assumption meant that the dosage made with this method presented some errors with the values of abatement and resistance different from those established, since the values of fineness modulus, maximum diameter, unit mass and specific mass of the available aggregates in that region can be different from those found in other parts of the country. Therefore, this work seeks to adapt this method to our region and present it through comparative tables providing its users with more economical and accurate results that will lessen the environment, since it will not waste material which is unnecessarily removed from nature.

Keywords: Concrete. Dosage. ABCP/ACI Method.

1. Introdução e objetivos

O concreto é uma mistura compacta de agregados graúdos, agregados miúdos, cimento, água e outros possíveis elementos como adições e aditivos. Para se obter um concreto com menor preço possível e maior controle de critérios estabelecidos, foram criados alguns métodos de dosagem.

Entende-se por estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland os procedimentos necessários à obtenção da melhor proporção entre os materiais constitutivos do concreto, também conhecido por traço. Essa proporção ideal pode ser expressa em massa ou em volume, sendo preferível e sempre mais rigorosa a proporção expressa em massa seca de materiais (BERNARDO; HELENE, 2011).

Mehta e Monteiro (1994) estabeleceram que o objetivo da dosagem do concreto se resume na escolha adequada dos materiais entre aqueles disponíveis e a combinação mais econômica entre eles, atendendo às características mínimas de desempenho estabelecidas.

Segundo Barreto (2005), a indústria da construção civil produz grandes impactos ambientais, incluindo a extração das matérias-primas necessárias à produção de materiais, ocasionando grandes alterações na paisagem urbana, acompanhadas de áreas degradadas.

Rodrigues (1998) cita os quatro métodos de dosagem de concretos mais utilizados no Brasil, sendo: Método do Instituto de Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (ITERS), atualmente identificado como CIENTEC - Fundação da Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul; Método do Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro (INT); Método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S A (IPT) e Método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

A ABCP foi fundada em 1936 com a finalidade de desenvolver estudos na área do concreto. É reconhecida nacionalmente e internacionalmente, por ser referência em análise tecnológica do cimento e oferecer suporte a grandes obras brasileiras de engenharia e para transferência de tecnologia (ABCP, 2009). Contudo, foi publicado no ano de 1984 o método de dosagem que o engenheiro Publio Penna Firme Rodrigues desenvolveu, baseando-se no método da ACI 211 (Portland Cement Institute) e adaptando-o às características do Brasil (RODRIGUES, 1998).

Porém, este método não se aplica com eficiência a todas as regiões do Brasil, incluindo a região do Alto Paranaíba-MG. Devido às condições continentais diversas e à diferença de agregados graúdos e agregados miúdos disponíveis em cada região, seria praticamente impossível desenvolver um método que atenderia às particularidades de cada região.

Boggio (2000) relaciona algumas outras falhas do método de dosagem da ABCP/ACI:

- O teste de abatimento que determina a consistência do concreto é um procedimento aproximado e incompleto para avaliar a sua trabalhabilidade.
- Este método oferece estimativas próprias para a quantidade de água de amassamento e valores aproximados de resistência para as relações de água/cimento. Mas devido à grande variedade e variabilidade dos tipos de cimentos e agregados disponíveis nas diversas regiões do Brasil, há uma

dificuldade de se aceitar o uso indiscriminado das curvas de valores médios da resistência do concreto, valor este que depende apenas da relação água/cimento fornecida pelo método

- O método ACI depende das tabelas com os valores médios de materiais, que muitas vezes podem não ser compatíveis com aqueles disponíveis localmente. Quando as características dos materiais empregados diferem daquelas médias utilizadas pelo método, pode acontecer que o traço determinado pelo método apresente características muito diferentes das inicialmente propostas.
- Este método não prevê o uso de aditivos, o que evidencia a necessidade de se atualizar e complementá-lo, de maneira a orientar quanto à possibilidade do uso de aditivos e de referências sobre como agir nesses casos.

Almejando propiciar resultados mais próximos dos desejados àqueles que utilizam o método de dosagem de concreto da ABCP/ACI, buscou-se adaptar este método à região do Alto Paranaíba-MG, utilizando ensaios laboratoriais e os materiais (agregados graúdos e agregados miúdos) disponíveis comercialmente.

2. Referencial teórico

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

O concreto ocupa um lugar de destaque perante os outros materiais de construção, sendo o material mais consumido no mundo. O avanço na tecnologia dos materiais, aliado aos avanços das pesquisas nos campos tecnológico e científico, tem contribuído para a evolução deste material, uma vez que o concreto tem sido objeto de estudos e pesquisas que resultam em conhecimentos relativos às diversas características do concreto.

O estudo da dosagem do concreto busca a mistura ideal e econômica entre seus componentes (basicamente água, cimento, agregados), utilizando os materiais disponíveis na região, além de atender todas as características estabelecidas no projeto. Esta mistura é expressa através de um traço, que é a proporção em massa ou volume de cada material.

Conforme determina Rodrigues (1998), autor do método ABCP, a dosagem do concreto é o proporcionamento adequado dos três constituintes (cimento, agregado e água) de maneira que o material resultante desta mistura atenda aos seguintes requisitos: 1) no estado fresco, é necessário possuir trabalhabilidade adequada para ser possível, de acordo com os meios disponíveis na obra, transportá-lo, lançá-lo e adensá-lo, sem ocorrência de segregação, de acordo com as normas correntes da boa execução das obras de

concreto; 2) no estado endurecido, o concreto deve possuir as características ditadas pelo projeto da obra; deve ter, por exemplo, resistência mecânica, durabilidade, permeabilidade, etc., compatíveis com as solicitações impostas pelas condições e destino a que estará sujeita a obra acabada; 3) finalmente, todas estas propriedades exigidas no concreto, tanto no estado fresco como no endurecido, devem ser atingidas com o menor custo possível, para tornar a obra economicamente viável e competitiva com os outros materiais alternativos para sua execução.

Para Priszkulnik (1977), o objetivo da dosagem do concreto é a recomendação da proporção adequada de aglomerante, agregados graúdos e miúdos, água, e, eventualmente, aditivos, visando a obtenção de um concreto que atenda as seguintes condições: a) no estado fresco: seja trabalhável e mantenha sua homogeneidade nas etapas de mistura, transporte, lançamento e adensamento; b) no estado endurecido: apresente, na idade especificada, as propriedades exigidas no projeto estrutural (resistências mecânicas, retração, deformação lenta) acordes com as especificações de cálculo e a aparência exigida no projeto arquitetônico; c) seja durável, mantendo suas propriedades ao longo da vida útil prevista para a estrutura, resistindo, pois, a eventuais efeitos danosos oriundos de reações entre os seus componentes e as ações físicas e químicas do meio; d) seja econômico.

Devido à importância e à evolução tecnológica do concreto, a dosagem deixou de ser empírica e passou a ser racional, seguindo regras e preceitos definidos, o que gerou um concreto melhor e mais uniforme.

A dosagem empírica se baseia na experiência em campos de obras, sem se preocupar em adequar as exigências do concreto seja no estado fresco, seja no endurecido. Sendo assim, quando certo traço utilizado em determinada obra apresenta boas condições de utilização, eles extrapolam que o mesmo concreto seria satisfatório para outras obras similares à primeira. Este tipo de comportamento perante a obra não leva em consideração as características particulares de cada construção e exige pouca preocupação com o aspecto econômico. Mas, mesmo sendo antigo e não possuindo eficiência comprovada, é comum ouvir louvores quando ao resultado obtido com esse tipo de dosagem. (RODRIGUES, 1998).

Na dosagem racional, a determinação dos teores de cimento, agregados e água é feita baseada em fundamentos científicos e considerando as características específicas de cada material, como tipo de cimento, natureza, forma geométrica e textura superficial dos agregados, características dos moldes e armaduras das peças de concreto. Consideram-se também as condições de transporte, lançamento, adensamento do concreto fresco, níveis de resistência ou durabilidade exigida no concreto endurecido (RODRIGUES, 1998).

Rodrigues (1988) explica que, embora a dosagem empírica apresente resultados satisfatórios, devemos usar sempre a dosagem racional, pois, ainda que ela exija tempo e dinheiro, somente ela dará a garantia de qualidade e de menor custo.

2.1. Métodos de dosagem

No Brasil, a inexistência de um consenso nacional cristalizado numa norma bra-

sileira sobre os procedimentos e parâmetros de dosagem tem levado vários pesquisadores a propor seus próprios métodos de dosagem (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

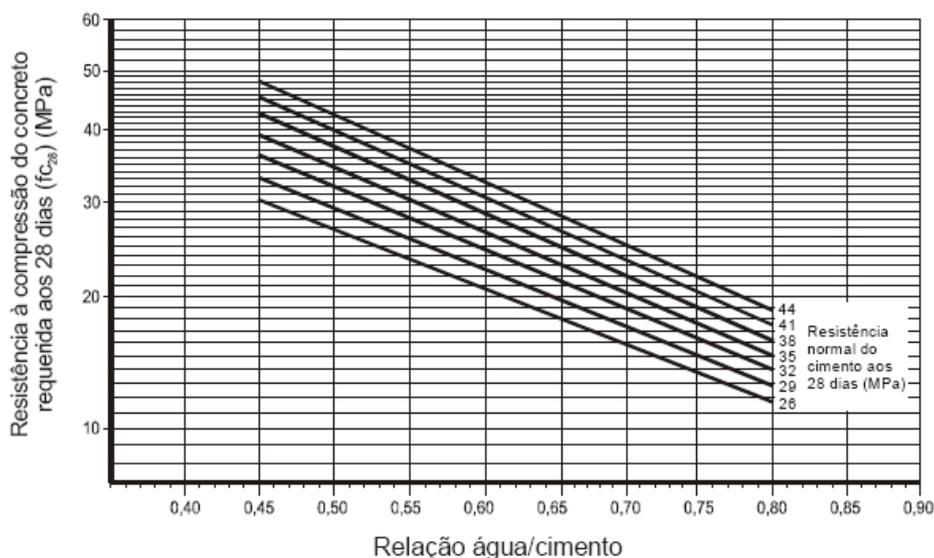
No que se refere aos métodos de dosagens, Camargo (1977) justifica as dificuldades em se adotar um método, principalmente em função das condições de preparo (misturas trabalháveis, sistemas de lançamento e adensamento) e a garantia de obtenção de suas propriedades mecânicas no estado endurecido. No que se refere ao Brasil, é natural, devido a suas dimensões continentais e às características próprias de cada região, que persistem várias metodologias de dosagens em uso.

A seguir, foi detalhado o método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), por ser o objeto de pesquisa principal.

O autor deste método, o engenheiro Publio Penna Firme Rodrigues, explica que este é composto por três etapas: na primeira, é feita a caracterização dos materiais a serem utilizados, aferindo a resistência do cimento que será empregado aos 28 dias, a dimensão máxima característica, a massa unitária e a absorção dos agregados graúdos, o módulo de finura e absorção do agregado miúdo e a massa específica dos três materiais; na segunda etapa, é feita a caracterização do concreto tanto no estado fresco (plasticidade) como no endurecido (resistência química e mecânica); e a terceira consiste realmente no método de dosagem.

Inicialmente se determina a relação água cimento (a/c): este item deve levar em conta a resistência normal do cimento e a resistência à compressão do concreto, ambos aos 28 dias e em Mpa, conforme o gráfico 1.

Gráfico 1. Gráfico para a determinação da relação água/cimento (a/c) em função das resistências do concreto e do cimento aos 28 dias de idade



Fonte: Rodrigues, 1998

Em seguida, através da tabela 1, encontra-se o consumo de água estimado por metro cúbico de cimento (Ca): a quantidade de água requerida por um concreto, com determinada consistência, é função principalmente das características dos agregados e

do consumo de cimento.

Tabela 1. Estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do Diâmetro Máximo Característico do Agregado e do Abatimento da mistura

ABATIMENTO DO TRONCO CONE	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO				
	9,5mm	19 mm	25mm	32mm	38mm
40 a 60mm	220 l/m ³	195 l/m ³	190 l/m ³	185 l/m ³	180 l/m ³
60 a 80mm	225 l/m ³	200 l/m ³	195 l/m ³	190 l/m ³	185 l/m ³
80 a 100mm	230 l/m ³	205 l/m ³	200 l/m ³	200 l/m ³	290 l/m ³

OBSERVAÇÕES

1. Os valores acima são recomendados para concretos confeccionados com agregado graúdo britado (basalto), agregado miúdo (areia de rio), consumo de cimento por metro cúbico de concreto da ordem de 300kg/m³ e abatimento, medido pelo tronco de cone, entre 4mm e 10mm.
2. Quando usado seixo rolado como agregado graúdo, os valores do consumo de água podem ser reduzidos de 5% a 10%.
3. As areias pertencentes a zona 1 da NBR 7211 (muito fina), podem gerar aumentos de até 10% no consumo de água por metro cúbico de concreto.

Fonte: Rodrigues, 1998

Sabendo-se a relação água cimento e o consumo estimado de água, calcula-se o consumo de cimento (C) através da equação 1. Este valor em m³ é obtido pela divisão do consumo de água (Ca) pelo fator água/cimento.

$$C = \frac{Ca}{a/c} \quad \text{Equação 1}$$

Posteriormente encontra-se o consumo de agregado graúdo (Cb): o consumo de agregado graúdo em m³ de concreto que é dado em função da dimensão máxima característica e do módulo de finura da areia. A tabela 2 mostra o volume compactado seco de agregado graúdo por m³ de concreto.

Tabela 2. Volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto

MÓDULO DE FINURA DA AREIA	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO				
	9,5mm	19 mm	25mm	32mm	38mm
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785

2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

OBSERVAÇÃO

1- Os valores acima foram obtidos experimentalmente na Associação Brasileira de Cimento Portland

Fonte: Rodrigues, 1998

Depois determina-se o C_b que é o consumo de agregado graúdo através da equação 2.

$$C_b = V_c \times M_c \text{ (Kg/m}^3\text{)} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

V_c = volume compactado por m^3 de concreto

M_c = massa unitária compactada do agregado graúdo.

Quando não for possível determinar o M_c , adotar o valor aproximado de 1500 Kg/m^3 . Subsequentemente, calcula-se também o consumo de agregado miúdo: o consumo de agregado miúdo (areia(C_m)) por m^3 de concreto fresco é obtido pela diferença entre a soma dos valores absolutos dos demais constituintes já calculados em relação a $1m^3$ de concreto. Inicialmente para calcular-se o V_m com a equação 3:

$$V_m = 1 - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{C_b}{\rho_b} + \frac{C_a}{\rho_a} \right) \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

V_m = volume de agregado miúdo

ρ_c = massa específica do cimento

ρ_b = massa específica do agregado graúdo

ρ_a = massa específica da água

Sabendo-se o valor de V_m e que ρ_m é a massa específica do agregado miúdo, encontra-se com auxílio da equação 4 o consumo de agregado miúdo.

$$C_m = \rho_m \times V_m \text{ (Kg/m}^3\text{)}. \quad \text{Equação 4}$$

Finalmente representa-se a proporção dos constituintes por meio do traço, ou seja, a indicação da relação quantitativa entre cimento: agregado miúdo: agregado graúdo.

Portanto, utilizamos a equação 5:

$$\text{Traço} = \frac{C}{C} : \frac{C_m}{C} : \frac{C_b}{C} : \frac{C_a}{C} \quad \text{Equação 5}$$

3. Metodologia

De início foi feito um estudo teórico aprofundado sobre o método da ABCP/ACI e uma apresentação de forma detalhada das etapas que o compõem. Em seguida realizou-se o levantamento dos equipamentos e materiais necessários. Posteriormente, os materiais da região que foram utilizados para a fabricação deste concreto foram adquiridos e caracterizados. Para adquirir estes materiais buscaram-se empresas confiáveis e com selos de qualidade.

Após adquirir estes materiais, a coleta de amostras para os ensaios seguiu a ABNT NBR NM 26:2009 e a ABNT NBR NM 27:2000. Já para a caracterização dos mesmos seguiram-se as seguintes normas: ABNT NBR NM 248:2001, ABNT NBR NM 52:2009, ABNT NBR NM 53:2009 e ABNT NBR NM 45:2006

Para atingir o objetivo proposto de adaptar o método de dosagem da ABCP/ACI à região do Alto Paranaíba-MG, utilizando os materiais disponíveis nesta região, estabeleceu-se uma resistência de 25 MPa, um abatimento de 10 mm (com precisão de + ou - 2 mm), e por se tratar de um traço comumente utilizado nas obras da cidade, utilizaram-se diversos traços diferentes, dentre os quais as combinações que associassem 1 tipo de brita com 1 tipo de areia e todas as combinações possíveis entre os materiais disponíveis, que são areia fina, areia média, areia grossa, brita 12,5 mm, brita 19 mm e brita 25 mm. A tabela 3 mostra as combinações realizadas:

Tabela 3: Combinações dos traços usados

TRAÇO	MATERIAL UTILIZADO
1	Areia fina e brita 12,5 mm
2	Areia fina e brita 19 mm
3	Areia fina e brita 25 mm
4	Areia média e brita 12,5 mm
5	Areia média e brita 19 mm
6	Areia média e brita 25 mm
7	Areia grossa e brita 12,5 mm
8	Areia grossa e brita 19 mm
9	Areia grossa e brita 25 mm

E caso o concreto não alcance o abatimento necessário, a relação água/cimento

seria alterada até se obter o valor desejado.

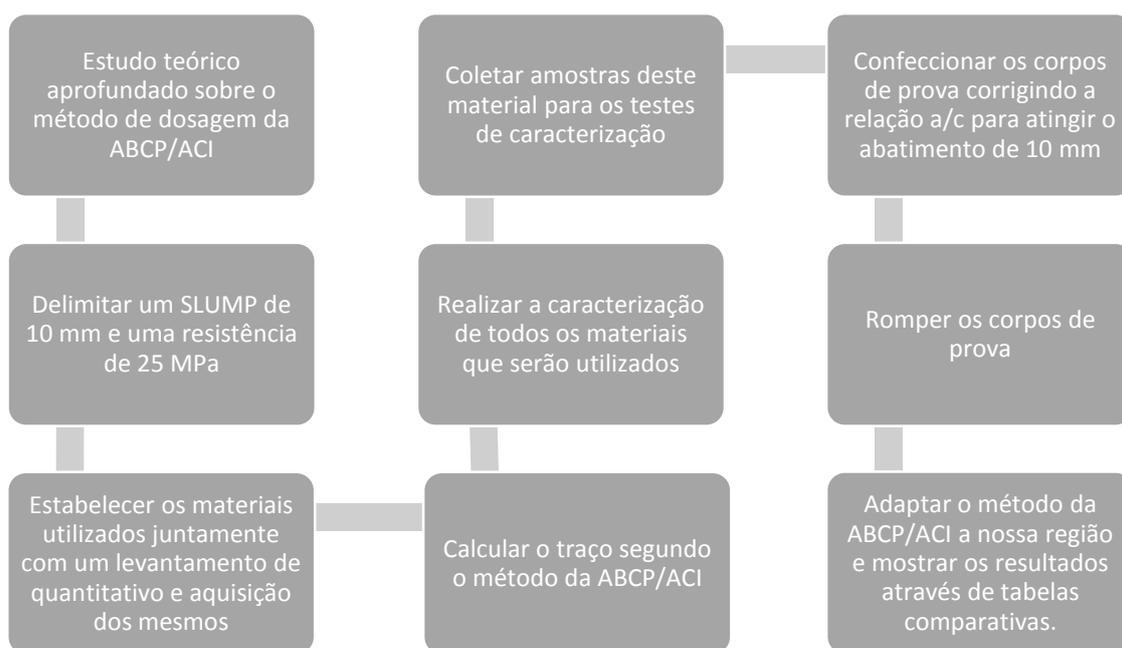
Com os resultados da caracterização obtidos, foi possível dosar os nove traços de concreto, segundo o método estudado.

Após a dosagem do concreto e dando sequência na pesquisa, foi confeccionado o concreto. E com ele realizou-se o teste de slump, em que a amostra para o teste foi retirada segundo a ABNT NBR NM 33:1998 e o teste propriamente dito foi feito obedecendo-se à ABNT NBR NM 67:1998. Posteriormente fabricaram-se os corpos de prova, obedecendo-se à ABNT NBR 12655:2015 e à ABNT NBR 5738:2015.

Logo depois, as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, tais como resistência a compressão, foram analisadas procedendo-se de acordo com a ABNT NBR 5739:2007 e a ABNT NBR 8953:2015. Por fim, os resultados obtidos foram apresentados através de tabelas.

Na figura 1 temos um fluxograma representando todas as etapas do processo da pesquisa.

Figura 1. Fluxograma



4. Resultados e discussão

Após realizar os ensaios foram encontrados os seguintes resultados para a caracterização dos agregados utilizados, em que os valores encontrados estão na tabela 4 e todos possuem resultados satisfatórios e dentro dos limites esperados.

Tabela 4. Caracterização dos agregados

Material	Massa unitária (kg/dm ³)	Massa específica (kg/dm ³)	Dimensão máxima característica (mm)	Módulo de finura
Areia fina	1,66	2,62	0,60	1,90
Areia média	1,60	2,59	2,36	2,70
Areia grossa	1,56	2,56	4,75	3,66
Brita 12,5 mm	1,58	2,76	12,5	6,18
Brita 19 mm	1,56	2,75	19,0	6,95
Brita 25 mm	1,58	2,80	25,0	7,82

A tabela 2 apresenta os traços encontrados seguindo-se o método da ABCP/ACI para 10 mm de abatimento e 25 MPa de resistência. Verificou-se pelo teste de *slump*, durante a confecção do concreto, que o valor do abatimento não foi o esperado. Por isso, a relação água/cimento foi alterada para alcançar o abatimento e não prejudicar a resistência.

Figura 2. Realização do teste de *slump*

A tabela 5 mostra o traço pela ABCP/ACI e o traço com a relação água cimento corrigidos.

Tabela 5. Traços ABCP/ACI e traços corrigidos

TRAÇO	MATERIAL UTILIZADO	TRAÇO CALCULADO SEGUNDO A ABCP/ACI	TRAÇO COM A RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO CORRIGIDA
1	Areia fina + brita 12,5 mm	1:1,38:2,56:0,505	1:1,31:2,44:0,505
2	Areia fina + brita 19 mm	1:1,51:2,92:0,505	1:1,44:2,78:0,505
3	Areia fina + brita 25 mm	1:1,53:3,13:0,505	1:1,46:2,98:0,505
4	Areia média + brita 12,5 mm	1:1,75:2,27:0,505	1:1,62:2,10:0,505
5	Areia média + brita 19 mm	1:1,79:2,61:0,505	1:1,66:2,42:0,505
6	Areia média + brita 25 mm	1:1,77:2,81:0,505	1:1,69:2,68:0,505
7	Areia grossa + brita 12,5 mm	1:2,04:1,94:0,505	1:1,81:1,72:0,505
8	Areia grossa + brita 19 mm	1:2,09:2,27:0,505	1:1,87:2,03:0,505
9	Areia grossa + brita 25 mm	1:2,11:2,45:0,505	1:1,88:2,19:0,505

Como a traço foi modificado, alterou-se também a proporção entre os constituintes, gerando uma economia de cimento e água. A tabela 6 mostra também a resistência à compressão do concreto aos 7 e 28 dias, em que os valores mostram que a mudança da relação a/c não influenciou negativamente na resistência dos corpos de prova.

Tabela 6. Resistência dos corpos de prova

TRAÇO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	
	7 DIAS	28 DIAS
1	26,21	26,28
2	23,73	24,59
3	25,35	25,90
4	22,58	24,93
5	20,12	27,50
6	17,30	27,44
7	25,28	28,60
8	24,04	25,18
9	21,92	27,08

A tabela 7, com a estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do diâmetro máximo característico do agregado e do abatimento da mistura,

foi adaptada a região do Alto Paranaíba-MG. Uma vez que não ela apresenta valores para o diâmetro de 12.5 mm, adotou-se como consumo de água para a brita 12.5 mm, e a média entre o consumo de água da brita entre 9.5 mm e 19 mm. Este valor foi multiplicado pelo aumento da relação água/cimento, que foi de 5%. Para os diâmetros de 19 mm e 25 mm, apenas multiplicou-se o valor encontrado na tabela pelo aumento da relação água/cimento, que foi de 8% e 12%, respectivamente.

Tabela 7. Estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do Diâmetro Máximo Característico do Agregado e do Abatimento da mistura adaptada a região do Alto Paranaíba-MG

ABATIMENTO DO TRONCO CONE	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO		
	12,5 mm	19 mm	25mm
100 mm	228,38 l/m ³	221,40 l/m ³	224,00 l/m ³

Para a adaptar o volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto na região, utilizou-se a equação 4, em que, sabendo-se o valor da massa específica do agregado miúdo e do consumo de agregado miúdo, encontrou-se o valor de V_m . Os valores encontrados na adaptação vão ao encontro daqueles da ABCP/ACI, uma vez que eles decrescem quando o módulo de finura aumenta, como mostra a tabela 8.

Tabela 8. Volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto adaptado a região do Alto Paranaíba-MG

MÓDULO DE FINURA DA AREIA	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO		
	12,5 mm	19 mm	25 mm
1,90	0,704	0,747	0,762
2,70	0,611	0,666	0,693
3,66	0,519	0,578	0,596

6. Conclusões

- A mudança na relação a/c não influenciou negativamente a resistência do concreto;
- Observou-se empiricamente que para a areia fina acrescentou-se em média 5% na relação a/c, 8% para areia média e 13 % para areia grossa;
- Sugere-se seguir as tabelas adaptadas, por terem maior relação de valores;
- A adaptação realizada foi feita para *slump* 10mm e 25 MPa de resistência (fck). Para valores diferentes destes, a adaptação pode não ser eficiente;
- Todos os resultados foram obtidos empiricamente, mas outras dosagens foram feitas seguindo esta adaptação e geraram os valores esperados, tanto de abatimento

como de resistência.

- Os valores encontrados para volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto na adaptação vão ao encontro daqueles da ABCP/ACI, uma vez que eles decrescem quando o módulo de finura aumenta, assim como se observa na tabela da ABCP/ACI.

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

ABCP, *Associação Brasileira de Cimento Portland*. São Paulo, Quem Somos, 2009. Disponível em: http://www.abcp.org.br/conteudo/quem_somos/apresentacao/associacao-brasileira-de-cimento-portland. Acesso em: 29 jan. 2016.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. *Estruturas IV – Concreto armado*. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil Departamento de Estruturas, 2002, Campinas – SP. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf> Acesso em: 16/02/2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: *Concreto de cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação - procedimento*. Rio de Janeiro. 2015

_____. 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.

_____. NM 248: *Agregados Determinação da Composição Granulométrica*. Rio de Janeiro. 2003.

_____. NM 26: *Agregados – Amostragem*. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NM 27: *Agregados: redução de amostra de campo para ensaio de laboratório*. Rio de Janeiro. 2000

_____. NM 52: *Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro. 2009.

_____. NM 53: *Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro. 2009.

_____. NM 55: *Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro. 2006.

_____. NBR 33: *Concreto - Amostragem de concreto fresco*. Rio de Janeiro. 1998.

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

_____. NBR 8953: *Concreto para fins estruturais - classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*. Rio de Janeiro, 2015.

BARRETO, I. M. C. B. do N. *Gestão de resíduos na construção civil*. Sergipe: Sinduscon, 2005.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland, in: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). *Concreto: Ciência e Tecnologia*. IBRACON, 2011. Cap. 12. Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>. Acesso em: 16/02/2016.

BOGGIO, A. J. *Estudo Comparativo de Métodos de Dosagem de Concretos de Cimento Portland*, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

CAMARGO, Wander M. Fixação na Dosagem das Propriedades Finais dos Concretos – Correlação entre as propriedades de composição do concreto fresco e das propriedades tecnológicas do Concreto endurecido, in: *Colóquio sobre Dosagem de Concreto*. São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 1977.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO Paulo J. Melaragno. *Estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Editora Pini, 1992.

PRISZKULNIK, S. Aspectos reológicos do concreto fresco e sua dosagem: métodos ACI e do ITERS, in: *Colóquio sobre Dosagem do Concreto*. São Paulo, SP. *Anais*. São Paulo: IBRACON, 1977.

RODRIGUES, Publio Penna Firme. *Parâmetros de Dosagem do Concreto*. ET-67. 3 ed. São Paulo: IBRACON - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

Viabilidade da construção de faixas adicionais em aclives no trecho da MGC-354 de Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG

*Viability of construction of additional lanes on the slopes of the MGC-354
between Presidente Olegário-MG and Patos de Minas-MG*

Igor Alexandre Machado Caixeta

Discente do curso de Engenharia Civil do UNIPAM. e-mail: igor.caix@gmail.com

Diego Henrique da Mota

Professor de Engenharias e Ciências Agrárias do UNIPAM. e-mail: diegoh@unipam.edu.br

Resumo: O transporte rodoviário é o principal método para tráfego do país. Através da malha rodoviária brasileira corre todo o mercado agrícola, pecuarista e outros. Com isso, as rodovias são de suma importância para a economia brasileira e também para viajar, pois é um dos meios que melhor correspondem na relação qualidade/custo. A presente pesquisa tem como principal objetivo verificar a necessidade da implantação de faixas adicionais em aclives da MGC-354, entre as cidades de Presidente Olegário/MG e Patos de Minas/MG devido ao grande volume de tráfego ali presente e também à constante formação de filas de veículos nos aclives supracitados. Foi realizada uma comparação do cálculo do volume médio diário realizado pelos autores e pelo DER em seu último registro no ano de 1995, e notou-se um aumento de 3.875 veículos médios para 4.113 atuais. Notou-se também um aumento em 10 vezes no número N calculado em 1995, que foi igual a $1,44 \times 10^6$ para $2,48 \times 10^7$. Foram notórios alguns aspectos exigidos para a adição de terceiras faixas, como a análise dos tipos de classificações da rodovia e níveis de serviço, tanto na rodovia, quanto nos aclives. Tais dados e análises ajudaram a concluir tecnicamente que os aclives da MGC-354 necessitam de uma melhoria de classe, no caso a construção de faixas de adicionais. **Palavras-chave:** Rodovia. Faixa adicional. Terceira faixa. Contagem de tráfego.

Abstract: Road transport is the main traffic method in the country. It is through the Brazilian highway network that all the agricultural, cattle and other markets run. All in all, the highways are of fundamental importance for the Brazilian economy and travels, for it is one of the means that best correspond to the quality/cost relation. The present paper has as its principal objective to verify the necessity of implantation of additional lanes on the slopes of the MGC-354, between the cities of Presidente Olegario/MG and Patos de Minas/MG, due to the presence of great traffic volume in the area and also the constant formation of lines of vehicles on the slopes mentioned above. A comparison of the average daily volume was done by the authors and the DER, in their last report in the year of 1995, and an increase of 3,875 medium vehicles to a recent 4,113 was noticed. An increase of 10 times the number of N was also noticed calculated in 1995, which was equal to 1.44×10^6 to 2.48×10^7 . Some required aspects for the addition of a third lane were notori-

ous, like the analysis of the types of highway classifications, and service levels, both in the highways and on the slopes. This data and analysis helped technically conclude that the slopes of the MGC-354 need class improvement, in this case, the construction of additional lanes.

Keywords: Highway. Additional lane. Third lane. traffic count.

1. Introdução

Uma melhoria de infraestrutura acarreta consequentemente a melhoria das rodovias, como as duplicações, por exemplo, para que o trânsito em determinados locais, como em aclives, grandes trechos em curvas, de elevado tráfego, se torne mais seguro e para que se obtenha um melhor fluxo de automóveis.

A MGC-354, igual a grande parte das rodovias brasileiras, necessita de melhorias, para que o traslado pela mesma se torne mais confortável e seguro. O trecho se encontra entre duas cidades próximas, uma de menor número de habitantes, Presidente Olegário/MG, e outra com maior população, Patos de Minas/MG, a qual possui mais alternativas de educação, saúde e lazer.

A rodovia em estudo possui trechos de lentidão, devido a aclives, principalmente aqueles que se localizam em curvas, o que consequentemente dificulta a ultrapassagem de veículos maiores por veículos de passeio.

Neste sentido, foi realizada uma pesquisa para investigar a real necessidade da adição de uma faixa nos aclives desta rodovia, visando a segurança dos automóveis que transitam entre ambos os municípios e também daqueles que realizam viagens de maior distância e passam por este trecho.

Portanto, por meio desta pesquisa buscou-se identificar a possibilidade de melhoria do tráfego em aclives na MGC-354, trecho que liga a cidade de Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG, devido à ampla quantidade de pessoas que se deslocam para o maior centro, e grande número de curvas e subidas localizadas no trajeto.

Desta forma, este trabalho apresenta uma definição e caracterização da rodovia a ser estudada, uma análise da normatização vigente e um estudo dos possíveis trechos a serem duplicados. Para tanto, foi feito o quantitativo de veículos que transitam pela rodovia diariamente, para que se conclua a real necessidade da adição de faixas extras de rodagens no trecho estudado.

2. Referencial teórico

Neste tópico serão feitas análises das características das rodovias e dos veículos que nelas trafegam.

Aprofundado o assunto serão abordadas as temáticas sobre faixas adicionais, pesquisas de tráfego e por fim será feita uma breve abordagem sobre projetos geométricos.

Análise das características da rodovia

A classe da MGC-354, no trecho estudado, é classificada administrativamente como classe I, conforme o item 2,1.5, que será apresentado sequencialmente, com velocidade de 80 km/h, e em alguns trechos de 60 km/h, tendo como raio mínimo das curvas igual 214,87 m (DER, 2015).

2.1.1. Classificação das Rodovias

De acordo com o DNER (1999), há três tipos de classificações para rodovias: administrativa, funcional e técnica.

Classificação Administrativa

A classificação administrativa vem da posição geográfica da rodovia em relação a Brasília, e essas estradas recebem nomenclatura de um prefixo (BR) seguido de três algarismos. O primeiro algarismo indica a categoria da rodovia conforme o Plano Nacional de Viação - DNIT (2004), e essas categorias são: 0 (zero) rodovias radiais; 1 (um) rodovias longitudinais; 2 (dois) rodovias transversais (vias que cruzam o país no sentido Leste-Oeste); 3 (três) rodovias diagonais; 4 (quatro) rodovias de ligação.

Classificação Funcional

A classificação funcional é o agrupamento de rodovias, em sistemas e classes, variando conforme seu tipo de serviço e as funções que exercem, sendo três diferentes sistemas: arterial, coletor e local (PONTES FILHO, 1998).

As arteriais caracterizam-se por atender um alto índice de tráfego. Nelas o tráfego tende a ser para distâncias maiores, seja internacional ou interestadual. As coletoras caracterizam-se por satisfazer um tráfego de menor vulto, por estarem ligadas a menores núcleos populacionais e não ligadas ao Sistema Arterial. Têm como objetivo manter um fluxo livre de veículos em uma determinada área. Já as locais caracterizam-se por vias pequenas, que satisfazem principalmente o tráfego intramunicipal de áreas rurais e de pequenos logradouros às vias mais importantes.

Classificação Técnica

Os padrões estabelecidos por meio dos projetos têm que atender a particularidades da operação de tráfego da rodovia (ANTAS *et al.*, 2010). Tais particularidades são distinguidas, para projeto, em cinco classes de rodovias, com nomenclatura de 0 a IV, que corresponde os menores números às exigências técnicas mais exigidas (DNER, 1999).

Classes das Rodovias

De acordo com o DNER (1999), as rodovias são divididas em 8 (oito) classes, que serão especificadas a seguir:

- Classe 0: rodovia expressa, do mais elevado padrão técnico, de pista dupla, com controle total de acesso e exiguidade de pedestres;
- Classe I-A: rodovia com duas pistas, controle parcial de acesso, com um nível de serviço inferior a C para terrenos planos e ondulados, e um nível de serviço inferior a D para terrenos montanhosos;
- Classe I-B: rodovia com pista simples e elevado padrão técnico, com um VMD (volume médio diário) de 1400 veículos mistos bidirecional, tráfego inferior a Classe I-A e acima de 200 veículos/hora e suportando o volume de tráfego por 10 anos após a abertura da rodovia;
- Classe II: rodovia de pista simples, a qual suporta o volume de tráfego por 10 anos após a abertura da rodovia. Os níveis de serviço variam de A a C ou D, dependendo das condições da rodovia.
- Classe III: rodovia de pista simples, suporta o volume de tráfego por 10 anos após a abertura da rodovia. Os níveis de serviço variam de A a D, dependendo das condições da rodovia.
- Classe IV: rodovia de pista simples e padrão técnico suficiente para atendimento a custo mínimo do tráfego. Em grande maioria não pavimentada, compondo o sistema local de rodovias, sendo estradas vicinais e pioneiras.
- Classe IV-A: VMD circula entre 50 e 200 veículos;
- Classe IV-B: VMD é abaixo de 50 veículos.

Níveis de Serviço

Os níveis de serviço são 6 (seis), subdivididos em letras, de A a F (LOS), sendo A o nível de serviço com melhor condição operacional, e F, o nível de serviço com pior condição operacional.

Os níveis de serviço são os seguintes (ANDRADE, 2013): LOS A: o fluxo de tráfego não tem interferências, visto que é um fluxo livre e com isso não sofre variação; LOS B: o fluxo de tráfego também é livre, porém notam-se pequenas interferências de veículos no mesmo; LOS C: o fluxo de tráfego já é afetado, podem-se encontrar filas; LOS D: o volume do tráfego nesse nível de serviço já é maior, fazendo com que a velocidade média sofra redução, e reduzindo também o espaço para execução de manobras; LOS E: o tráfego na rodovia é variável conforme a velocidade da mesma, e isso faz com que a corrente de tráfego não seja uniforme, gerando congestionamentos; LOS F: o tráfego na via é tomado por filas de congestionamentos, ocasionando alternância e interrupção do trânsito.

Classificação dos veículos

Sabe-se que existe uma grande variedade de veículos circulando pela malha rodoviária brasileira, e cada um destes é classificado conforme seu peso, dimensões e características de operações (DNIT, 2006).

Tal análise é importante para o desenvolvimento dos projetos rodoviários, pois com a classificação dos veículos, obtêm-se informações como capacidade de tráfego, dimensões da via, limitações de manobras e níveis de serviço da via (DNIT, 2006).

De acordo com o DNIT (2006), a classificação dos diversos tipos de veículos existentes no fluxo de tráfego da malha rodoviária do país é feita conforme a distribuição de seus eixos, sendo que a rodagem é definida pela quantidade de pneumáticos existentes por eixos.

Em sua rodagem simples, cada eixo possui apenas 1 (um) pneumático em cada extremidade, já em sua rodagem dupla, cada eixo possui 2 (dois) pneumáticos. Demonstrando como é definida a rodagem para cada tipo de veículo, tem-se o Quadro 1:

Quadro 1. Relação número de eixos e rodagem por tipo de veículo

Categoria	Tipo de veículos	N.º de eixos	Rodagem
1	Automóvel, caminhoneta e furgão	2	simples
2	Caminhão-ônibus, Caminhão- trator e furgão	2	dupla
3	Automóvel com semi-reboque e caminhoneta com semi-reboque	3	simples
4	Caminhão, caminhão-tractor, Caminhão-tractor com semi-reboque e ônibus	3	dupla
5	Automóvel com reboque e Caminhoneta com reboque	4	simples
6	Caminhão com reboque e Caminhão-tractor com semi-reboque	4	dupla
7	Caminhão com reboque e Caminhão-tractor com semi-reboque	5	dupla
8	Caminhão com reboque e Caminhão-tractor com semi-reboque	6	dupla
9	Motocicletas, motonetas e Bicicletas a motor	2	simples

Fonte: DNER (2006, p. 49)

Veículos Coletivos

Na categoria dos veículos que são classificados como coletivos estão os ônibus urbanos com dois eixos, os micro-ônibus e os coletivos especiais com três ou mais eixos. (DER/MG, 2013).

Veículos de Carga

Na categoria dos veículos que são classificados como para carga estão os caminhões rígidos que têm capacidade de carga superior a 3 t, os semirreboques, os reboques e CVC. (DER/MG, 2013). Os veículos de carga como caminhões e semirreboques possuem variações na composição de seus eixos, pois transportam variados tipos de carregamentos, que possuem diferentes volumes e pesos (SENÇO, 2008).

Faixas adicionais

A referência principal utilizada para o estudo da adição de faixas adicionais em aclives é o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – DNER (1999), e tal manual toma como referência as normas apresentadas no Livro Verde da AASHTO.

De acordo com o DNER (1999), a implantação de uma faixa adicional justifica-se quando são satisfeitos três critérios, os quais incluem considerações econômicas:

- 1) O fluxo de tráfego no aclive superior a 200veic/h;
- 2) O fluxo de caminhões é superior que 20 caminhões por hora no aclive;
- 3) Uma das seguintes condições é satisfeita:
 - Reduzir a velocidade de um caminhão comum em 15 km/h ou mais no decorrer do aclive;
 - O nível de serviço estabelecido para a rampa seja E ou F;
 - Ocorre uma redução de dois ou mais níveis de serviço em relação ao trecho que antecede o aclive.

Sendo assim, os aspectos levados em consideração para a adição de uma terceira faixa estão relacionados à quantidade de veículos que passam pelos trechos em subida, à redução da velocidade dos veículos pesados nos trechos em aclive e ao encadeamento consequente da existência de veículos rápidos e lentos nesses trechos.

Para a construção de faixas adicionais, deve-se analisar também a geometria local, a geometria das próprias terceiras faixas e também acostamento, como sua largura, uma vez que a largura da faixa adicional, já estabelecida, deve se manter durante toda a extensão, assim como o acostamento (DNER, 1999).

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - DNER (1999), no acostamento preferencialmente deverá se manter a largura adotada no restante da via. Caso seja necessária uma redução do acostamento, esta poderá ser feita para uma dimensão mínima de 1,20m, visto que na sua combinação com a faixa em subida, geralmente forma-se uma largura suficiente para que um veículo lento passe por um veículo que esteja parado, sem a necessidade de invadir a faixa de tráfego contrário.

Os *tappers* são muito importantes para a construção de uma faixa adicional, já que são eles os responsáveis pela entrada com segurança dos caminhões nas faixas adicionais. Admitindo-se um deslocamento lateral de 1 m/s (DNER, 1999).

Quadro 2. Relação Velocidade/Comprimento dos tappers

Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	60	80	100	120
Comprimento Desejado (m)	55	70	85	100
Comprimento Mínimo (m)	45	55	65	75

Fonte: DNER (1999, p. 214)

Por fim, deve-se atentar para as sinalizações e as defensas, pois são de suma importância para a fluência de uma terceira faixa segura.

Pesquisa de tráfego

Na área de engenharia de tráfego utilizam-se pesquisas para levantamentos de dados, e é possível fazer tais pesquisas através de entrevistas ou por observação direta

(DNIT, 2006).

Contagem Volumétrica

O objetivo da contagem volumétrica de tráfego é determinar a quantidade, o sentido e composição do fluxo de veículos que passam pelos pontos escolhidos da via para se fazer a contagem em uma estipulada unidade de tempo (DNIT, 2006).

Essas informações coletadas serão utilizadas na análise de capacidade, para avaliar as razões dos congestionamentos, nos elevados índices acidentes, para dimensionamento da pavimentação, entre outras melhorias (DNIT, 2006).

2.4.1. Contagem de Tráfego

A contagem de tráfego pode ser feita conforme o DNIT (2006) de 4 (quatro) formas diferentes: contagem manual, contagem automática, contagem por videoteipe e pelo método observador móvel.

A contagem manual é a metodologia mais fácil e econômica dentre as existentes. Ela é feita utilizando uma ficha de contagem, a qual deve conter todos os tipos de veículos que passam pelo sentido da via onde está sendo feita a contagem no tempo determinado (DNIT, 2006).

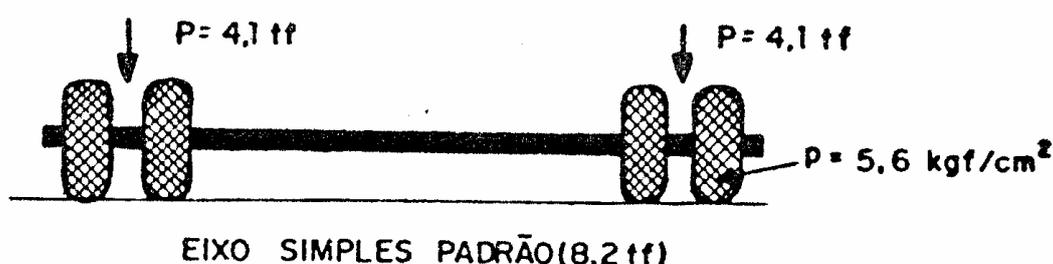
Volume Médio Diário

As contagens fazem com que consigamos mensurar o volume de tráfego, que é importante para classificar as rodovias. Com esse volume de tráfego, tem-se o volume médio diário (VMD). O VMD é a média do volume de veículos que trafegam pela rodovia em um dia completo (24 horas) (DNIT, 2006).

Número "N"

O cálculo do número N representa o número de repetições que um eixo de 8,2 toneladas, que é o eixo considerado como eixo padrão (Eixo Padrão Rodoviário) opera na rodovia (local onde foi executada a contagem volumétrica) (MINAS GERAIS, 2012.).

Figura 1 - Eixo Simples Padrão



Fonte: MINAS GERAIS, 2012.

Tal cálculo é importante para o dimensionamento de pavimentos e também para verificar se o tráfego está condizente com a classe estabelecida para a rodovia quando projetada.

Projeto da rodovia MGC-354 – Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG

O projeto da MGC-354 foi desenvolvido em outubro de 1978, contendo em seus volumes todas as informações da rodovia.

O estudo de tráfego foi feito para determinar qual o carregamento da via, sendo repetidos anos depois pelo DER-MG para estimar o tráfego da via.

Foram registrados 5 (cinco) estudos de tráfego desde o projeto da rodovia, que estavam contidos no projeto da mesma, apresentados a seguir:

Tabela 1. Contagens de Tráfego realizadas DER-MG

ANO	PASSEIO	VEÍCULOS COLETIVOS	CARGA	VMD	Nº “N”
1978	696	28	230	954	1,19 x 10 ⁵
1980	832	31	260	1123	2,11 x 10 ⁵
1985	1298	41	352	1691	4,95 x 10 ⁵
1990	2025	53	478	2556	8,89 x 10 ⁵
1995	3158	68	649	3875	1,44 x 10 ⁶

Fonte: DER (1978, vol. 1, p.10)

Com os resultados obtidos através das pesquisas, outrora não existia a necessidade da construção de faixas adicionais, uma vez que o fluxo de veículos na rodovia era considerado normal para os padrões do projeto. Seu projeto geométrico segue as características de uma rodovia de Classe I-B, com rampas com inclinações maiores do que 6% por causa da topografia local (DER, 1978).

Tais características foram consideradas em projeto: velocidade mínima do projeto: 60 km/h; velocidade diretriz: 60 km/h; velocidade média da rodovia: 108 km/h; rampa máxima excepcional: 7 %; distância mínima de visibilidade: 75 m; largura da pista de rolamento: 7,2 m; superelevação mínima: 3%; superelevação máxima: 8%; extensão total: 27.566,40 m; extensão em curva: 11.801,13 m; extensão em tangente: 16.168,07 m; número de curvas horizontais: 26; raio modal: 247,87 m; extensão total em alicive: 15.618,95 m; extensão total em declive: 12.350,25 m; rampa mínima empregada: 0,5 %; rampa máxima empregada: 7 %; seção transversal – Pista de Rolamento: 3,60 m; seção transversal – Acostamento: 2,00 m (DER/MG, 1978).

3. Metodologia

O método utilizado para pesquisa foi feito em etapas, iniciando-se pelo levantamento de dados, esses da área e do tráfego, seguidas de uma maior pesquisa bibliográfica, coleta e junção dos dados.

Levantamento de dados

Para a realização dos levantamentos de dados, tais como da seção da rodovia analisada e do fluxo de tráfego, foram feitas pesquisas de campo a partir das informações obtidas através do Manual de Estudo de Tráfego (DNIT, 2006) para se obter o volume médio diário (VMD) para a verificação da possibilidade de melhorias nos trechos de aclives da MGC-354.

A presente pesquisa foi realizada entre as cidades de Patos de Minas/MG e Presidente Olegário/MG, na MGC-354, situada onde o relevo é 5% plano, 90% ondulado e 5% montanhoso (PREFEITURA DE PATOS DE MINAS, 2011).

A pesquisa de tráfego, efetuada a partir do método de contagem manual, e o levantamento do fluxo de tráfego consistem em várias formas de contagens, e devido ao pouco tempo hábil para a realização da pesquisa de campo, foi escolhido o método de contagem (3), que é a contagem entre 06h a.m e 10h p.m. de quinta-feira até domingo, trazendo um nível de precisão C. Essa contagem dar-se-á com o auxílio da ficha de contagem volumétrica I, que é a ficha que permite uma contagem manual (DNIT, 2006).

Posteriormente, junto das normas de classe, faz-se uma análise para prever uma possível melhoria de classe da MGC-354.

Pesquisa bibliográfica

Essa pesquisa foi feita através de estudos baseados em artigos científicos, teses, dissertações e também em livros da biblioteca do Centro Universitário de Patos de Minas, visando informações mais atuais, a partir do ano de 1999. Essas buscas foram feitas através de palavras-chave como rodovias, duplicações, faixas adicionais.

As especificações técnicas principais e o material de pesquisa para a elaboração da pesquisa sobre a viabilidade são as seguintes: Livro Verde da AASHTO (AASHTO, 2001); Norma DNER IPR 706/1999: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais; Norma DNIT IPR 723/ 2006: Manual de Estudos de Tráfego.

2.9. Visitas técnicas

Em todas as visitas executadas na MGC-354, foi observada uma grande incidência de filas de veículos nos aclives, principalmente quando se tem a presença de veículos de carga, devido à carga elevada dos mesmos.

O relevo da região é de 90% ondulado, fazendo com que tenhamos uma grande extensão de faixas contínuas impedindo as ultrapassagens na região, devido à falta de visão para as mesmas, tornando o trânsito no trecho mais lento.

2.10. Contagem volumétrica do tráfego

Foi realizada a contagem de fluxo volumétrico dos veículos que transitavam pela MGC-354 através de contadores manuais de contagem de volume e com o auxílio da normatização publicada pelo DNIT. Essa contagem é realizada diferenciando todos os tipos de veículos: leves, que são autos, caminhonetas, ônibus e caminhões; e pesados (ônibus e caminhões), que se veem através dos eixos (DNIT, 2006).

Para a realização da contagem do fluxo de tráfego, foi adotado um sistema de contagem apresentado pelo DNIT no Manual de Estudos de Tráfego (2006), e adotou-se esse sistema para minimizar erros que estão sujeitos a acontecer durante a quantificação dos veículos, além de qualificar o levantamento executado (DNIT, 2006). Sequencialmente, apresentam-se os quadros nos quais foram baseadas as formas de levantamentos possíveis e seus níveis de precisão.

Quadro 3. Método Manuais de Contagem Volumétrica Utilizado

I – Usando Contadores Manuais			
Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem durante 1 hora, em um dia de semana, entre 9 a.m. e 6 p.m.	D	A contagem pode ser estendida	
(2) - Contagem em um dia de semana, de 6 a.m. até 10 p.m.	C ou D		
(3) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. de 5ª Feira até Domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo 2ª Feira	Para a semana use 5 x 5ª + Sábado + Domingo

Fonte: DNIT, 2006, p. 120.

Quadro 4. Qualidade de Estimativas de Contagem

Nível de precisão	90% de probabilidade do erro não ultrapassar	Interpretação da estimativa
A	5%	Excelente
B	5% a 10%	Satisfatória para todas as necessidades normais
C	10 % a 25%	Suficiente com estimativa grosseira
D	25 a 50%	Insatisfatória
E	mais de 50%	Inútil

Fonte: DNIT, 2006. p. 119

Junção de dados e confecção dos cálculos

Nessa etapa, foram conferidos todos os dados coletados, para a junção de todos os dados adquiridos em pesquisa, cujo propósito foi fazer um estudo da viabilidade de uma faixa adicional nos aclives na MGC-354, no sentido Presidente Olegário/MG a Patos de Minas/MG. Para isso, é preciso calcular o VMD (Volume Médio Diário) para que seja feita a avaliação da real necessidade da adição de uma terceira faixa nos aclives entre as cidades (DNIT, 2006).

Foi calculado o FE (Fator de Eixo), que é o número que, multiplicado pela quantidade de veículos, nos dá o número de eixos, sendo que, para se obter a formulação para a execução dos seus cálculos divide-se o número total de eixos pela frequência de veículos levantada (MINAS GERAIS, 2012).

Depois, o FC (Fator de Carga) foi calculado, a partir do número que, multiplicado pelo número de eixos, define o número equivalente de eixos padrão, com um valor fixado de 8,2 ton. Para a execução de cálculo do FC, é necessário o auxílio do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, pois é a partir dele que se utiliza uma formulação específica para cada tipologia de eixo, eixo simples, eixo duplo, tandem duplo e tandem triplo (MINAS GERAIS, 2012).

Com todos os dados citados anteriormente calculados, calculou-se o N a partir da seguinte formulação: $N = VMD \times n^{\circ} \text{ dias ano} \times n^{\circ} \text{ de anos de projeto} \times Fe \times FC$ (número de eixos considerados padrão que passam na via onde foi efetuada a contagem volumétrica) (MINAS GERAIS, 2012).

O número N foi calculado para uma comparação com valores calculados anteriores, para que com tal comparação, se soubesse se houve ou não a crescente de tráfego na via (DER/MG, 1978).

3. Resultados e discussões

Foram realizadas pesquisas na MGC-354 para avaliar o fluxo do tráfego, comparar com pesquisas feitas anteriormente, e analisar qual a crescente do fluxo de tráfego que ocorreu nesses 21 anos entre as duas pesquisas realizadas, uma vez que a última pesquisa registrada pelo DER-MG foi no ano de 1995.

Tal comparação foi feita para ajudar a determinar a necessidade da adição de faixas adicionais nos aclives existentes devido às formações de filas de veículos identificadas durante a pesquisa e o aumento do tráfego no local.

Visita técnica

Foi feito um relatório fotográfico em uma das visitas executadas, realizada no dia 06/09/2016 para registrar a formação das filas nos trechos em subida da rodovia.

Figura 2. Memorial Fotográfico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Contagem volumétrica do tráfego

Os dados coletados pelo levantamento serão apresentados através do quadro:

Quadro 5. Dados Obtidos através da Contagem Volumétrica

DATA/HORA		CONTAGEM VOLUMÉTRICA																OUTROS	
		VEÍCULOS LEVES		ÔNIBUS		CAMINHÕES													
		AUTOS	CAMINION	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C3	6 EIXOS		
01/09/2016	06:00 às 10:00	435	62	18	0	36	12	0	0	6	8	0	36	1	0	1	0	17	76
01/09/2016	10:00 às 14:00	387	90	5	3	33	42	0	1	12	12	1	32	0	0	3	0	21	20
01/09/2016	14:00 às 18:00	461	98	7	5	50	44	0	0	11	5	2	58	1	0	1	1	20	43
01/09/2016	18:00 às 22:00	307	79	18	7	18	29	0	0	8	8	0	43	0	0	2	1	19	22
02/09/2016	06:00 às 10:00	417	60	19	0	25	16	1	1	8	7	7	39	2	0	0	0	9	104
02/09/2016	10:00 às 14:00	505	96	11	2	40	24	0	0	5	8	1	35	0	0	0	0	12	55
02/09/2016	14:00 às 18:00	532	115	10	1	56	40	0	0	10	7	0	49	0	0	0	0	8	51
02/09/2016	18:00 às 22:00	540	124	21	8	35	27	0	1	2	3	0	36	0	0	0	0	18	27
03/09/2016	06:00 às 10:00	330	51	7	2	24	8	0	0	6	7	0	24	1	0	0	0	8	61
03/09/2016	10:00 às 14:00	442	99	4	5	30	24	0	0	10	9	0	26	0	2	0	0	15	32
03/09/2016	14:00 às 18:00	483	80	11	6	29	22	0	0	9	10	3	35	0	0	1	0	6	57
03/09/2016	18:00 às 22:00	386	101	6	2	22	12	0	0	19	3	2	38	0	0	0	0	16	45
04/09/2016	06:00 às 10:00	291	67	5	1	9	4	0	1	3	7	2	30	0	5	2	7	7	43
04/09/2016	10:00 às 14:00	405	118	4	4	5	2	0	0	0	5	1	8	0	1	5	1	5	51
04/09/2016	14:00 às 18:00	474	96	2	2	4	4	3	0	1	4	0	11	0	0	4	1	1	46
04/09/2016	18:00 às 22:00	219	24	3	0	8	11	1	0	1	1	11	5	0	0	2	20	0	18

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A contagem foi realizada em quatro (4) dias, entre as 06 a.m. e 10 p.m., de quinta-feira até no domingo. Sendo realizada entre dias 01/09/2016 à 04/09/2016, é uma contagem volumétrica com nível de precisão C, conforme o Quadro 2. De acordo com o Quadro 3, a contagem volumétrica é considerada suficiente com estimativa grosseira. Através dos dados obtidos pela contagem realizada, foram calculados o volume médio diário.

Volume Médio Diário (VMD)

O VMD é a média dos volumes dos veículos que trafegam durante 24 horas na via (DNIT, 2006). Para o cálculo do VMD foi feito uma média aritmética do volume obtido nas horas contadas para determinar o volume em 24 horas, uma vez que o levantamento foi realizado em dezesseis (16) horas diárias.

Quadro 6. Médias de Veículos/Hora por dia

DIA	HORÁRIO	QT. VEÍC. AUTO E CAMINHONETAS	QT. VEÍC. CARGA	QT. VEÍC. COLETIVOS	QT. OUTROS VEÍC.	QT. TOTAL DE VEÍC.
01/09	06:00 às 22:00	119,9375	37,1875	3,9375	10,0625	171,125
02/09	06:00 às 22:00	149,3125	33,375	4,5	14,8125	202
03/09	06:00 às 22:00	123,25	26,3125	2,6875	12,125	164,375
04/09	06:00 às 22:00	121,5625	11,6250	1,5	13,25	147,9375

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Então, calcula-se os seguintes volumes:

- Volume horário = $(171,125 + 202 + 164,375 + 147,9375) / 4 = 171,3594$ veículos / hora
- VMD = $171,3594 \times 24 = 4113$ veículos / dia
- VMDa = $4113 \times 365 = 1.501.245$ veículos / ano

Cálculo do número “N”

O número N representa o número de repetições de carga que um eixo-padrão opera em uma via. Esse eixo-padrão, como supracitado, tem 8,2 toneladas (18.000 lb ou 80 kN) (DER, 2006).

Para o cálculo do número N, foi necessário identificar o tipo de eixo de cada veículo levantado na rodovia, e dividir seus eixos em toneladas padrões para executar os cálculos.

Para execução do cálculo N, calculou-se a frequência de cada eixo de cada veículo na via. Porém, adquiriu-se essa frequência quando foi executado o levantamento de

fluxo de veículos, pois a frequência é a quantidade de veículos que passa na rodovia.

Sequencialmente, foi necessário calcular o número total de eixos da amostragem, para que com esse total de eixos, fosse calculado o FE. O FE é o cálculo que transforma a quantidade de veículos em número de eixos. É um dos dados necessários para a o cálculo do número N.

O cálculo do FC (que é o Fator de equivalência de carga) é o número que multiplicado pela quantidade de eixos nos apresenta o número equivalente de eixos-padrão. Para cada tipo de eixo usou-se as seguintes equações:

Quadro 7. Cálculo de Fator de Carga para cada Tipo de Eixo

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simplex de rodagem simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simplex de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$

P = Peso bruto total sobre o eixo

Fonte: DNIT, 2006, p. 244

Depois de calcular o FC para cada eixo do veículo, encontra-se o FC total, que foi igual a 1,38156515, e depois foi calculado o número N.

Para o cálculo do número N, usou-se a seguinte formulação:

- $N = VMD \times 365 \times n^{\circ} \text{ de anos} \times Fe \times FC$

Sendo:

VDM = Volume Médio Diário

365 = n° de dias presentes em 01 ano

n° de anos = Quantidade de anos para projeto da rodovia

Fe = Fator de eixo

FC = Fator de Carga

Assim, o cálculo para encontrar o número N executado foi o seguinte:

- $N = 4113 \times 365 \times 1 \times 11,95 \times 1,381565156$
- $N = 2,48 \times 10^7$

Portanto, o número N encontrado através das médias dos dados coletados com a contagem volumétrica é igual a $2,48 \times 10^7$. Lembre-se que a contagem volumétrica para tal levantamento foi qualificada com um nível de precisão C.

Foi feito um comparativo com o número N presente no projeto da rodovia datado do ano de 1995, que tinha um valor igual a $1,44 \times 10^6$, deixando notória uma crescente de tráfego nos últimos 21 anos.

Classificação da rodovia MGC-354

Para classificar uma rodovia, é preciso analisá-la em três aspectos, de forma sucinta e embasada nos estudos feitos para a elaboração da pesquisa, e também nas visitas técnicas realizadas no decorrer dos estudos.

O sistema da MGC-354 pode ser considerado arterial, pois é o sistema caracterizado por atender um alto índice de tráfego e tráfego de longas distâncias (PONTES FILHO, 1998). A sua Classe é a I-B, pois é uma rodovia de pista simples, com tráfego superior a 200 veículos/hora e com tráfego inferior ao tráfego de uma rodovia Classe I-A (DNER, 1999). O nível de serviço é considerado C, pois o fluxo de tráfego já é afetado, encontrando-se filas. A densidade se torna marcante (ANDRADE, 2013).

Análise para implantação de faixa adicional nos aclives da rodovia MGC 354

Segundo o Manual, a implantação de uma terceira faixa deve ser considerada quando o volume horário de veículos na faixa de subida ultrapassar 200 veículos por hora (DNER, 1999). Apesar de não ultrapassar a quantidade de veículos, aproxima-se bastante, com um volume horário igual a 171,36.

Outra consideração é a de que pelo menos 10% desse volume têm de ser constituída por caminhões (DNER, 1999), sendo essa uma das características que habilitam a instalação de faixas adicionais nos trechos em aclive da MGC-354, isso porque temos 27,125 de volume horário de caminhões.

Devido à constituição do tráfego ser de caminhões, outra das considerações a serem feitas é a redução de 15 km/h para os veículos pesados. A MGC-354 está projetada para 60 km/h, sendo 60 km/h a velocidade mínima, e a velocidade média da rodovia igual a 108 km/h (DNER, 1999). E como pode ser visto nas fotos registradas na parte das visitas técnicas, os veículos nos aclives chegam a reduzir a sua velocidade para 15km/h em alguns dos trechos.

Outra consideração a ser feita é o fato de o fluxo de caminhões ser superior a 20 veículos/hora, de acordo com a contagem volumétrica realizada (DNER, 1999), sendo conferidos poucos horários em que a média de veículos de carga é inferior a 20 veículos/hora.

O nível de serviço da rodovia é considerado C, porém nos aclives, o nível de serviço pode ser considerado E, devido à formação de filas nos mesmos, conforme o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER.

Para finalizar, o trecho analisado possui aproximadamente 22 km, e com 14,5 km de faixas contínuas, o que não permite ultrapassagens, causando a formação das filas.

Na crescente do número N, que em 1995 era igual a $1,44 \times 10^6$, para o número N calculado em 2016, que é igual a $2,48 \times 10^7$, verificou-se que há necessidade da adição de faixas adicionais nos aclives da MGC-354.

4. Conclusões finais

Através das pesquisas e estudos desenvolvidos, pôde-se perceber que a MGC-354 é uma rodovia com grande fluxo de veículos, principalmente de carga. O VMD no

levantamento realizado em 2016 pelos autores da presente pesquisa foi de 4113 veículos.

Devido à intensificação do fluxo de veículos, a redução da velocidade dos veículos de carga é superior aos 15 km/h, o que é citado no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) como uma das exigências para se acrescentar uma terceira faixa.

Observou-se que o fluxo de veículos intensifica-se na parte da tarde, entre as 4 p.m. e 7 p.m., o que tem influência direta da aproximação do horário de início das aulas das universidades em Patos de Minas, verificando-se, portanto, aumento de veículos de transporte coletivo e passeio.

A MGC-354 foi projetada no ano de 1978, ou seja, passaram-se 39 anos desde então. Em relação ao número N, houve aproximadamente um aumento de 10 vezes o tráfego na MGC-354 nesse intervalo de 39 anos. Deste modo, observou-se que o projeto da rodovia avaliada está ficando limitado, precisando de atualizações, considerando-se o crescimento do tráfego nesta localização.

Conclui-se que a adição de terceiras faixas nos aclives entre Presidente Olegário/MG e Patos de Minas/MG é uma solução para a redução das formações de filas, sob o ponto de vista da técnica.

Referências

AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, 2001.

ANDRADE, G. R. de. *Geometria e terraplenagem rodoviária: Planejamento de Rodovias*. Belo Horizonte: FUMEC, 2013.

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

DEPARTAMENTO DE ESTADAS DE RODAGEM. *Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária*. Volume I: Estudos de Tráfego, Capacidade e Níveis de Serviço. Belo Horizonte: IPR, 2013.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *IPR723: Manual de Estudos de Tráfego*. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Rede Rodoviária do PNV – Divisão em Trechos*. Brasília, 2004. 14p. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/download/PNVApresentacao2004.pdf>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2016.

Viabilidade da construção de faixas adicionais em aclives no trecho da MGC-354

MINAS GERAIS. Geraldo Luciano de Oliveira Marques. Professor da Universidade Federal de Juiz de Fora (Inst.). *Pavimentação*: Juiz de Fora: Geraldo Luciano de Oliveira Marques, 2012. 204 slides, color.

PONTES FILHO, Glauco. *Estradas de Rodagem: Projeto Geométrico*. São Carlos: Bidim, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS DE MINAS. *Manejo de águas pluviais de drenagem urbana*. Patos de Minas - MG, 2011. Disponível em: <http://www.patosdeminas.mg.gov.br/arquivos_gerais/01_anexoii%281%29_conc0112.pdf>. Acesso em: 30/07/2016

SÃO PAULO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO (org.). *Rodovias*. 1999. Disponível em: <<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo4A/rodovias.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

SENÇO, Wlastermiller de. *Manual de técnicas de projetos rodoviários*. São Paulo: PINI, 2008.

Utilização de coco *in natura* e modificado quimicamente como adsorvente alternativo para tratamento de efluente têxtil

Utilization of chemically modified coconut in natura as alternative adsorbent for the treatment of textile effluent

Natália Carolina de Araújo

Discente Engenharia Química do UNIPAM. e-mail: natalia29_11@hotmail.com

Gustavo Henrique Gonçalves Scarponi

Discente Colaborador Engenharia Química (UNIPAM). e-mail: gustavo.scarponi@outlook.com

Dayene do Carmo Carvalho

Doutora em Química. Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: dayenecc@unipam.edu

Resumo: A indústria têxtil é responsável pela liberação de efluentes contaminados com corantes e, quando não tratados corretamente, os mesmos são poluidores ao ecossistema. Existem diversos métodos visando à remoção de corantes dos rejeitos da indústria têxtil, e o uso de bioadsorventes, por exemplo, pode ser um deles. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do mesocarpo do coco-da-baía no tratamento de efluentes têxteis. Foram realizados testes com mesocarpo *in natura* e modificado com HCl, NaOH e CH₃OH, variando massa (0,01 e 0,5 g), pH (3 e 9) e tempo (5 e 60 min.). Realizou-se planejamento fatorial 2³ com ponto central. O mesocarpo *in natura* e modificado com HCl apresentou melhores remoções, sendo estas de 71,28 e 88,24 %, podendo assim ser empregado no tratamento de efluentes têxteis, substituindo ou sendo acrescentados ao tratamento, reduzindo o uso de reagentes químicos. Assim novos estudos devem ser realizados para determinar os valores ótimos.

Palavras-chave: Efluente têxtil. Remoção. Mesocarpo. Coco-da-baía.

Abstract: The textile industry is responsible for the release of contaminated effluents with dyes. When not treated properly, they pollute the ecosystems. There are several methods for removing dyes from waste in the textile industry: the use of bioadsorbents, for example, may be one of them. Therefore, the objective of this article was to evaluate the efficiency of the coconut (*coco-da-baía*) mesocarp in the treatment of textile effluents. Tests were carried out with the material *in natura* and modified with HCl, NaOH and CH₃OH, varying mass (0.01 and 0.5 g), pH (3 and 9) and time (5 and 60 min). Factorial design 2³ was performed with central point. The mesocarp *in natura* and modified with HCl presented better removals, being these of 71.28 and 88.24 %, thus being able to be used in the treatment of textile effluents, replacing or being added to the treatment, reducing the use of chemical reagents.

Keywords: Textile effluent. Removal. *Coco-da-baía*. Mesocarp.

1. Introdução

Nos dias atuais é muito comum, nos meios de comunicação, notícias referentes a problemas com águas. Destacam-se fatos relacionados à escassez do recurso, o uso inadequado, bem como vários conflitos gerados pelas disputas pela água. Além disso, as manchetes relatam contaminações dos mananciais hídricos, que acontecem frequentemente, talvez um dos maiores problemas, o que acarreta problemas ambientais gravíssimos (WANG *et al*, 2007).

A atividade industrial é uma das principais responsáveis por gerar um volume significativo de resíduos, contendo diversas espécies nocivas à saúde humana e ao ambiente natural. Geralmente, esses resíduos são líquidos que necessitam de tratamento prévio antes de serem descartados em águas correntes e/ou solos (BRASIL *et al*, 2007).

Entre os vários setores existentes nas industriais têxteis, o setor de acabamento dos vestuários merece destaque, pois utiliza grandes quantidades de água e de produtos químicos, produzindo elevados volumes de efluentes. Os processos de tinturaria e lavagem são as principais fontes de poluição da água, sendo produzidos aproximadamente 45 a 65 litros de água por quilograma de tecido processado (CARDOSO *et al*, 2004).

Os efluentes provenientes da indústria têxtil têm como característica principal a presença de cor, resultado dos corantes que são aplicados nas operações de tingimento (ZOLLINGER, 1987). A cor interfere na transmissão da luz solar para dentro da corrente de água e prejudica a atividade fotossintética das plantas presentes nesse ecossistema. Além disso, a oxidação biológica desse material consome o oxigênio existente, dificultando a atividade respiratória dos organismos vivos presentes neste habitat, e consequentemente, causando o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (SILVEIRA *et al*, 1990).

Os efluentes têxteis devem ser tratados previamente para serem descartados em recursos hídricos. Os tratamentos para estes efluentes utilizam produtos químicos que podem aumentar os problemas ambientais, sendo mal manuseados, e ter grande carga tóxica (AVELAR *et al*, 2010).

Diante o exposto, é imprescindível a conscientização ambiental para a utilização de métodos mais eficazes, eficientes e de baixo custo. Uma boa proposta de tratamento para esses resíduos poluentes seria o processo de tratamento utilizando adsorção dos corantes presentes nos efluentes têxteis empregando biomateriais (OLIVEIRA *et al*, 2011). Alguns tipos de biomateriais alternativos vêm sendo estudados para utilização no tratamento de efluentes, dentre eles os resíduos agroindustriais se destacam devido ao baixo custo, à redução do impacto ambiental e à grande quantidade disponível (AVELAR *et al*, 2010).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o mesocarpo do coco *in natura* e modificado com CH₃OH, HCl e NaOH na remoção do corante azul de metileno presente no efluente têxtil. Para isso, foram avaliados a influência de pH, a velocidade de agitação, a massa e o tempo de contato do resíduo com efluente na eficiência de adsorção. Buscou-se verificar o custo benefício dos resíduos agroindustriais para as indústrias e observar se, após o tratamento do efluente com os resíduos agroindustriais, os efluentes seguem a legislação para descarte.

2. Metodologia

2.1. Obtenção da biomassa

Os cocos utilizados foram disponibilizados por vendedores da cidade de Patos de Minas-MG e encaminhados para o Laboratório da Engenharia Química do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.

2.1.1. Preparação do material adsorvente

Após a obtenção do coco-da-baía, o mesocarpo foi separado e disposto à secagem natural por aproximadamente 24 horas. Logo após, foram levados para desidratador de bandeja (*Pardal*[®] PE 60) para uma secagem completa com temperatura de 70° C, onde permaneceram por aproximadamente 48 horas.

O material foi triturado no liquidificador industrial, (*Metvisa*[®]) na proporção de 50 gramas de biomassa em 1500 mL de água destilada. Bateu-se durante um minuto, fez-se o procedimento por 3 vezes consecutivas, e retirou-se a água parcial contida na amostra através de uma filtração simples. Por fim, realizou-se a secagem em estufa com temperatura de 70° C durante 24 horas.

Em seguida, as amostras passaram pelo moinho de facas (*Moinho de Willey*), em seguida por um processo de peneiramento, utilizando-se o material com granulometria de 48 *mesh*.

Para avaliar a capacidade de adsorção dos materiais para remoção de corantes têxteis presentes em soluções aquosas, foram realizadas modificações químicas com a biomassa *in natura*. Para realizar as modificações, foram usados alguns tratamentos químicos que serão descritos a seguir.

2.1.2. Modificação da biomassa com HCl, NaOH e CH₃OH

Após a secagem e trituração do mesocarpo, foram pesados em balança analítica (Shimadzu) 15g de mesocarpo do coco, misturou-se com 300 mL de HCl, 1,0 mol.L⁻¹. O mesmo procedimento foi realizado com NaOH, 1,0 mol.L⁻¹. Modificaram-se também 15g de mesocarpo do coco, utilizando CH₃OH com teor de 70%. A homogeneização de ambas as amostras foi realizada em mesa agitadora (*Quimis*), durante uma hora e agitação com velocidade 1, de acordo com o aparelho. A dispersão foi filtrada por meio de filtração simples, e o material úmido, seco em estufa a 40° C por 72 horas.

2.1.3. Determinação do ponto de carga zero

Para encontrar o ponto de carga zero, foram preparadas soluções a partir de diluições de ácido clorídrico, obtendo-se concentrações de 1,0 molL⁻¹ e 0,1 molL⁻¹ e básicas a partir de diluições de hidróxido de sódio, obtendo-se as concentrações 1,0 molL⁻¹ e 0,1 molL⁻¹. Os pHs foram ajustados a partir das soluções nas faixas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 com auxílio do pHmetro (*Tecnal*[®] TEC2). Posteriormente, foram misturadas em frascos de polietileno aproximadamente 0,10g da biomassa com 10mL de solução aquo-

sa sob diferentes condições de pHs iniciais, sendo citados acima, e foram armazenadas na temperatura de aproximadamente 20°C. Após 24 horas de equilíbrio, foi aferido o pH final.

2.1.4. Coleta do efluente

O efluente utilizado no presente estudo foi coletado de indústrias têxteis, localizadas na cidade de Patos de Minas-MG. Em seguida foi armazenado em galões de polietileno, previamente higienizados.

2.1.5. Planejamento fatorial

As condições experimentais para adsorção da cor do efluente têxtil foram determinadas por meio de planejamento experimental a fim de obter as condições ótimas do experimento. As variáveis analisadas foram: pH da solução, tempo de contato (min) e massa (g) como segue a Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis e níveis estudados no planejamento fatorial

Variáveis	Níveis		
	- 1	0	+ 1
pH	3	6	9
Massa adsorvente (g)	0,01	0,255	0,5
Tempo (min)	5	32,5	60

O experimento foi caracterizado como fatorial 2³, o qual foi realizado em triplicata, em regime batelada, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de planejamento para um fatorial 2³ com repetição do ponto central aplicado ao estudo de remoção de corante em efluentes têxteis.

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

9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0

Para o estudo Fatorial foram adicionados 0,01 e 0,5 gramas de amostra em 25 ml de efluentes. Os valores de pH (3 e 9) foram corrigidos e ajustado com HCl (ácido clorídrico) e NaOH (hidróxido de sódio), ambos em 0,1 mol L⁻¹ com auxílio de pHmetro (*Tecnal® TEC2*). As soluções foram homogeneizadas em uma mesa agitadora (*Tecnal® TEC2*) com velocidade 1, durante 5 e 60 minutos. Posteriormente foram filtradas. Os ensaios de 9-11 foram realizados com os valores médios da massa, pH e tempo.

2.1.6. Avaliação da remoção de corante do efluente

As análises do filtrado obtido do tratamento com as amostras foram realizadas por espectrofotômetro UV-VIS (*Thermo Spectronic*), a fim de verificar a remoção de cor. A capacidade de adsorção do material foi, de acordo com a equação 1:

$$\text{Descoloração (\%)} = \frac{(A_{\text{bsi}} - A_{\text{mo}}) \times 100}{A_{\text{bsi}}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

A_{bsi} = Absorbância do efluente bruto

A_{mo} = Absorbância da amostra

Esse procedimento de cálculo de porcentagem de remoção foi utilizado durante todos os testes de remoção do presente trabalho. Assim, garante-se que as variações sejam relacionadas apenas à remoção e não à variação de leitura diária do equipamento. Os valores obtidos foram todos registrados numa planilha eletrônica que identifica a amostra, o valor de absorbância (%) e o comprimento de onda ou região de comprimentos de onda correspondentes (bandas de máxima absorbância).

2.1.7. Tratamento de dados

Os cálculos dos efeitos dos fatores: pH, massa e tempo e as interações entre eles com os seus respectivos erros padrão foram realizados com auxílio do programa *Statistica 13.0®*, e posteriormente plotou-se o gráfico de Pareto com as respectivas interações e o gráfico de superfície.

3. Resultados e discussões

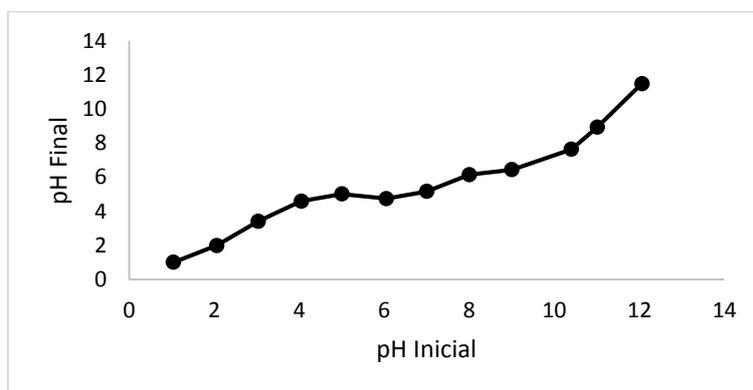
3.1. Ponto de carga zero

Primeiramente, obteve-se a caracterização do ponto de carga zero (PCZ). Os resultados foram expressos por meio do gráfico de pH final versus pH inicial, sendo que

o pH_{PCZ} corresponderá à faixa em que o pH final se mantiver constante (independentemente do pH inicial). A determinação do pH_{PCZ} nos testes preliminares de biossorção é fundamental para a caracterização do adsorvente em estudo, já que o pH da solução e o pH_{PCZ} do adsorvente são fatores importantes no processo, especialmente na capacidade de adsorção.

O pH_{PCZ} é o valor de pH que corresponde ao equilíbrio entre as cargas superficiais positivas e negativas do adsorvente, ou seja, é o valor no qual a carga da superfície do adsorvente é nula (MIMURA *et al.*, 2010; WANG *et al.*, 2005). A Figura 1 representa pH_{PCZ} do mesocarpo do coco *in natura*.

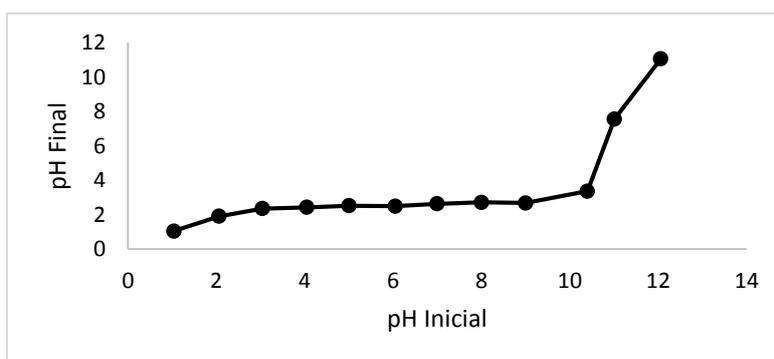
Figura 1. Representação do ponto de carga zero (pH_{PCZ}) do mesocarpo do coco *in natura*.



Na Figura 1 é possível observar que a faixa de pH que permaneceu constante foi de 4,00 a 6,00, aproximadamente. Nesta região, a carga total da superfície do biossorvente é nula, onde é denominado o pH_{PCZ} para o mesocarpo *in natura*. Assim, é possível observar que em pH maior que 6,00, o mesocarpo apresenta-se negativamente carregado, possuindo a habilidade de adsorver espécies positivamente carregadas, enquanto em pH menor do que 4,00, o material encontra-se positivamente carregado e irá adsorver espécies negativas.

Abaixo está a Figura 2 referente ao ponto de carga zero do mesocarpo de coco modificado com ácido clorídrico (HCl).

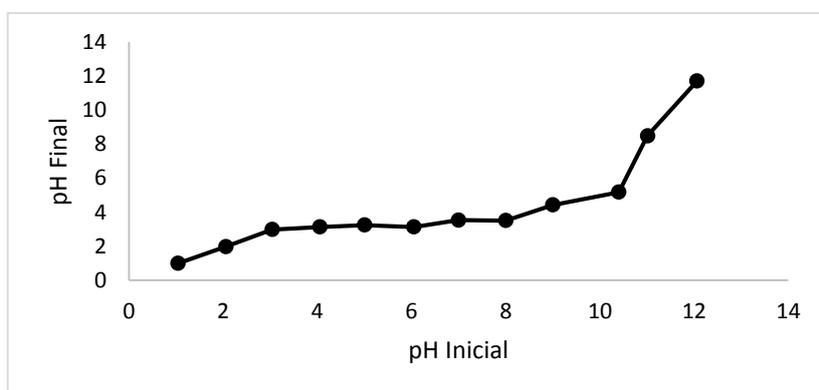
Figura 2. Representação do ponto de carga zero (pH_{PCZ}) do mesocarpo de coco com modificação em ácido clorídrico (HCl)



Na Figura 2 foi possível observar que a faixa de pH que permaneceu constante foi de 4,00 e 9,00, aproximadamente. Assim, é possível observar que em pH maior que 9,00, o mesocarpo modificado com HCl apresenta-se negativamente carregado, possuindo a habilidade de adsorver espécies positivamente carregadas, enquanto em pH menor do 4,3 o material encontra-se positivamente carregado e irá adsorver espécies negativas.

Encontra-se abaixo a Figura 3, referente ao ponto de carga zero do mesocarpo de coco modificado com CH₃OH.

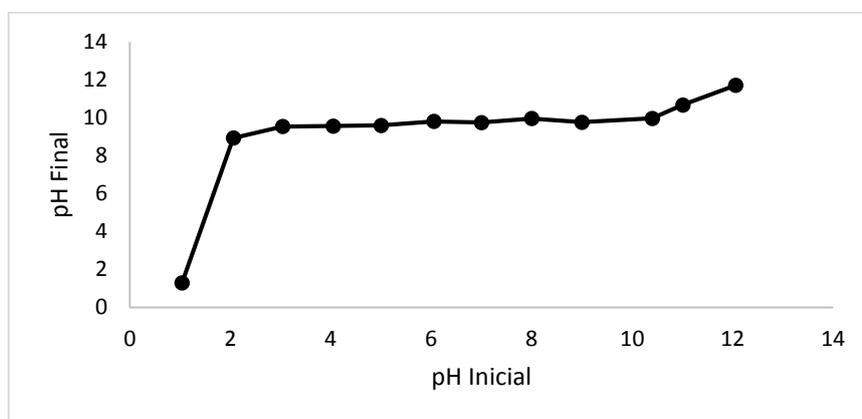
Figura 3. Representação do ponto de carga zero (pH_{pcz}) do mesocarpo de coco com modificação em CH₃OH



Na Figura 3 é possível observar que a faixa de pH que permaneceu constante foi aproximadamente 3 a 8. Assim, é possível observar que em pH maior que 8,0, o mesocarpo modificado com CH₃OH apresenta-se negativamente carregado, tendo a habilidade de adsorver espécies positivamente carregadas, enquanto em pH menor que 3, o material encontra-se positivamente carregado e irá adsorver espécies negativas.

Encontra-se abaixo a Figura 4, referente ao ponto de carga zero do mesocarpo de coco modificado com hidróxido de sódio (NaOH).

Figura 4. Representação do ponto de carga zero (pH_{pcz}) do mesocarpo de coco com modificação com hidróxido de sódio (NaOH).



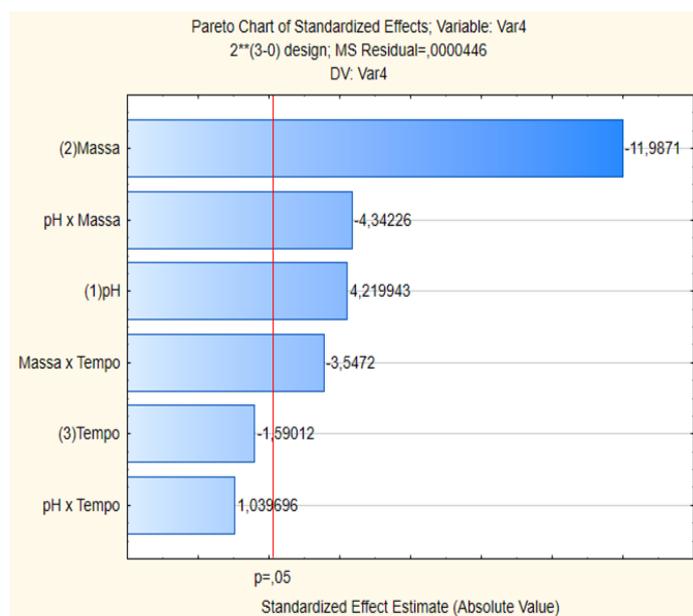
Na Figura 4 é possível observar que a faixa de pH que permaneceu constante foi 3 a 9, aproximadamente. De acordo com Tagliaferro *et al.* (2011), em soluções com pH acima do pH_{PCZ} a adsorção de cátions é favorecida, pois nesse caso o adsorvente apresenta carga superficial negativa, enquanto que em pH abaixo do pH_{PCZ} , a adsorção de ânions é favorecida, já que o adsorvente possui carga positiva. Assim, devido à complexidade das estruturas dos corantes, à falta de uma caracterização completa dos mesmos e à necessidade de maior tempo para avaliação do efeito do pH, optou-se por conduzir os testes de bioadsorção utilizando o valor do pH_{PCZ} de cada bioadsorvente.

4.1.2. Planejamento fatorial

As respostas dos efeitos dos fatores e suas interações são mostradas através do Diagrama de Pareto e Gráfico de Superfície para cada amostra modificada e *in natura*.

Na Figura 5 encontra-se o Gráfico de Pareto com os efeitos para as variáveis do planejamento e suas interações.

Figura 5. Gráfico de Pareto para o processo de adsorção, amostra modificada com HCl



Analisando-se os dados experimentais, observa-se que dos parâmetros estudados, apenas massa, pH x massa, pH, massa x tempo foram significativos.

O valor negativo no diagrama de Pareto para massa significa que, à medida que diminui a quantidade de massa de adsorvente, obtém-se um aumento na capacidade de adsorção. Na interação massa x tempo, teve-se sinal negativo, e isso significa que se houver a diminuição de ambos, obtém-se uma melhor remoção de corante. Na interação de pH x massa, obteve-se sinal negativo, o que indica que, se houver redução de ambos, haverá melhor eficiência de remoção do corante têxtil. O valor positivo para pH indica que, à medida que o pH aumenta, a remoção de corante será melhor no tratamento.

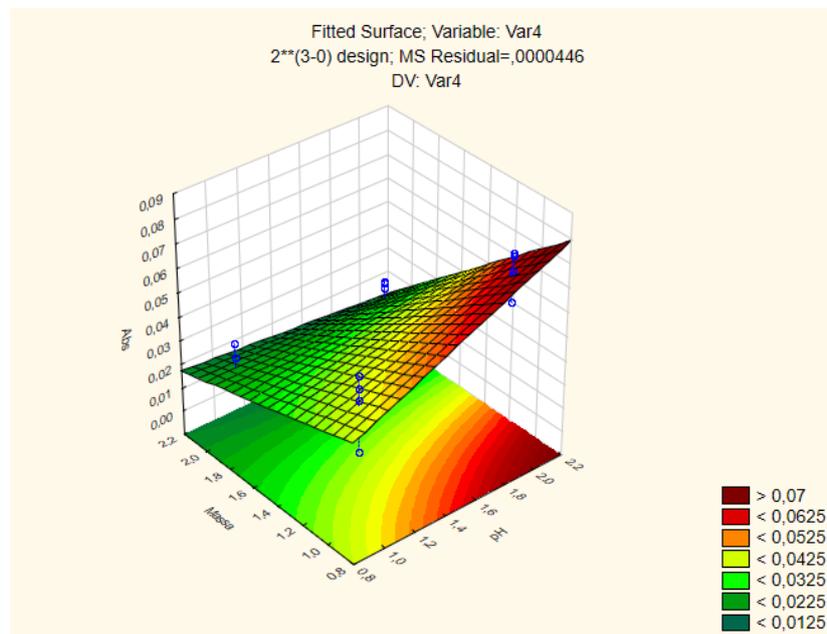
Após a avaliação do Gráfico de Pareto plotou-se um gráfico de superfície. O gráfico de superfície de resposta é uma técnica estatística utilizada para a modelagem e análise de problemas nos quais a variável resposta é influenciada por vários fatores, cujo objetivo é a otimização dessa resposta (COMPARINI *et al.*, 2017).

Para a plotagem de gráfico de superfície, o programa faz codificação dos valores das respectivas variáveis. A codificação apropriada dos dados é um fator importante para a análise da superfície de resposta. Depois disso, as gerações dos modelos padrões e a verificação da adequabilidade desses modelos são realizadas. O terceiro passo consiste em fornecer um resumo adequado da superfície de resposta. No quarto e último passo, visualiza-se a superfície de resposta e a possível presença de valores críticos (COMPARINI *et al.*, 2017).

Assim, após a codificação dos valores das respectivas variáveis massa, pH e adsorção, avaliam-se as tendências dos resultados obtidos no planejamento fatorial. Abaixo segue a Figura 6.

A Figura 6 mostra que há uma tendência de melhor remoção do corante têxtil no efluente em maiores valores de pH do que o testado (pH=9) e em quantidades menores que 0,01g de massa de adsorvente.

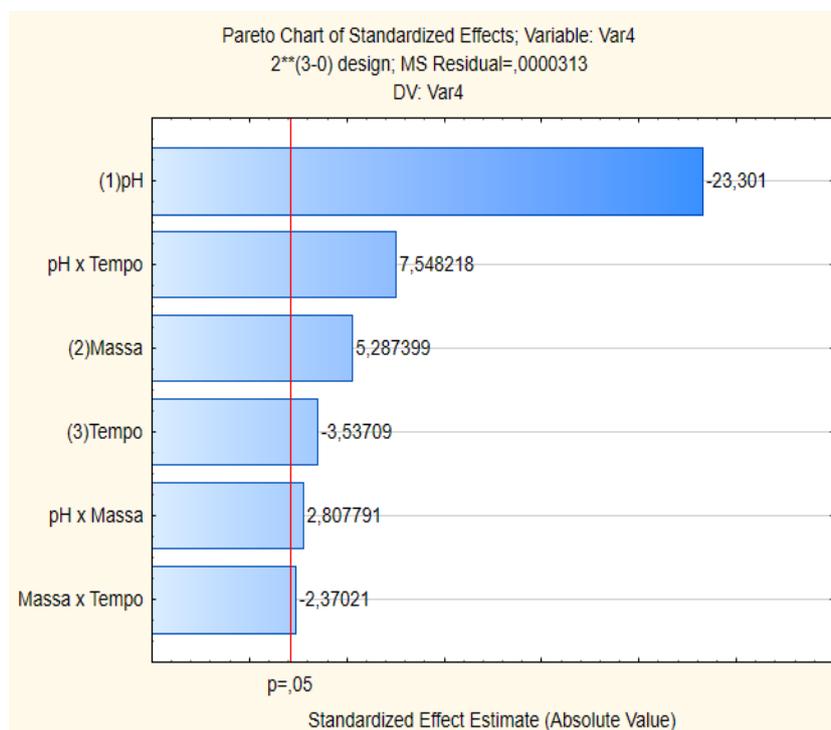
Figura 6. Representação do gráfico de superfície para amostra modificada com ácido clorídrico



De acordo com pH_{PCZ} realizado, observa-se que pH maior que 9,00 favorece a remoção do corante, e o mesocarpo do coco modificado com HCl apresenta-se à superfície do material carregada negativamente com íons OH^- , favorecendo a adsorção de espécies catiônicas presentes na solução.

Abaixo, segue a Figura 7, relacionada com a modificação do biomaterial com CH_3OH , mostrando as influências das variáveis e suas interações.

Figura 7. Representação gráfica de Pareto para biomassa de mesocarpo de coco modificada com metanol



Analisando os dados experimentais, todos os parâmetros analisados foram significativos. O valor negativo no diagrama de Pareto para o pH indica que, à medida que o pH diminui, a remoção do corante aumenta. Royer (2008), utilizando casca de semente de *Araucária angustifolia*, obteve resultados semelhantes ao do presente trabalho. Isso ocorre por haver a interação das pontes de hidrogênio presente no corante azul de metileno com a fibra de coco, elevando assim a atração da superfície positiva do adsorvente e o corante aniônico (FURMANSKI,2012), havendo assim a remoção do corante pela fibra.

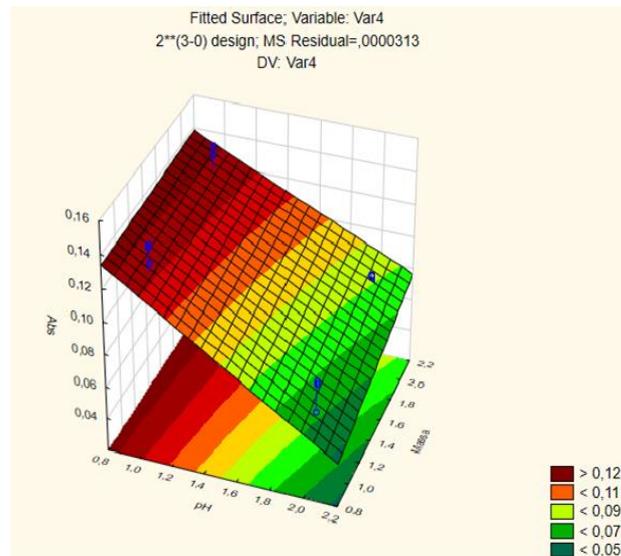
Para o resultado positivo da massa, significa que, à medida que aumenta a quantidade de massa de adsorvente, obtém-se um aumento na capacidade de adsorção.

A interação pH x tempo possui sinal positivo, indicando que ambos interagem e são significativos para o processo de remoção de corante no efluente têxtil. A interação pH x massa possui sinal positivo, indicando que ambos interagem, e se aumentarem os valores de ambos, isso contribuirá para o processo de remoção de corante no efluente têxtil.

A interação massa x tempo possui sinal negativo, indicando que ambos interagem, e se diminuirmos os valores de ambos, isso contribuirá para o processo de remoção de corante no efluente têxtil. O resultado negativo de tempo indica que, ao diminuir o tempo de contato efluente e adsorvente, obtém-se melhor remoção do corante têxtil.

Abaixo, segue a Figura 8, relacionada com a modificação do biomaterial com etanol, mostrando as influências das variáveis e suas interações.

Figura 8. Representação do gráfico de superfície para amostra modificada com metanol

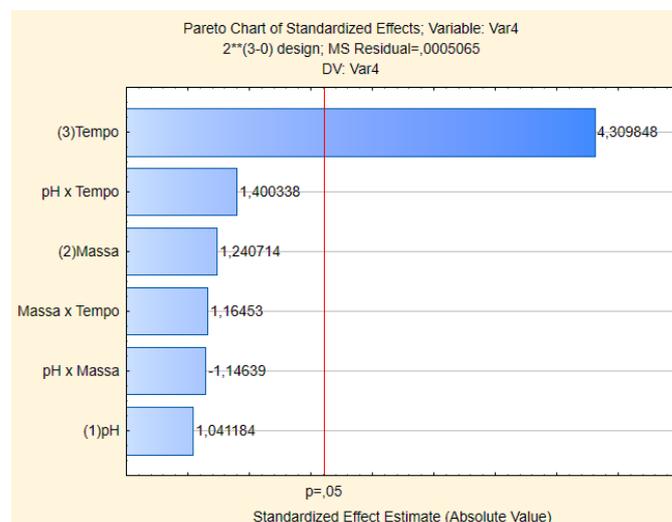


A Figura 8 demonstra que há uma tendência de melhor remoção do corante têxtil no efluente, em menores valores de pH do que o testado (pH=3) e em quantidades maiores de adsorventes que a utilizada no estudo, visto que, aumentando a quantidade de adsorvente, maior será a adsorção, ou seja, maior a disponibilidade de sítios para a adsorção.

De acordo com pH_{PCZ} encontrado, em pH menor que 3, o material encontra-se positivamente carregado e irá adsorver espécies negativas, indicando que os sítios superficiais do mesocarpo do coco estão protonados e a superfície da solução, carregada positivamente com ions H^+ , favorecendo a adsorção de espécies aniônicas.

Abaixo, segue a Figura 9 relacionada com a modificação do biomaterial com hidróxido de sódio, mostrando a influência das variáveis e suas interações.

Figura 9. Representação gráfica de Pareto para biomassa de mesocarpo de coco modificada com hidróxido de sódio

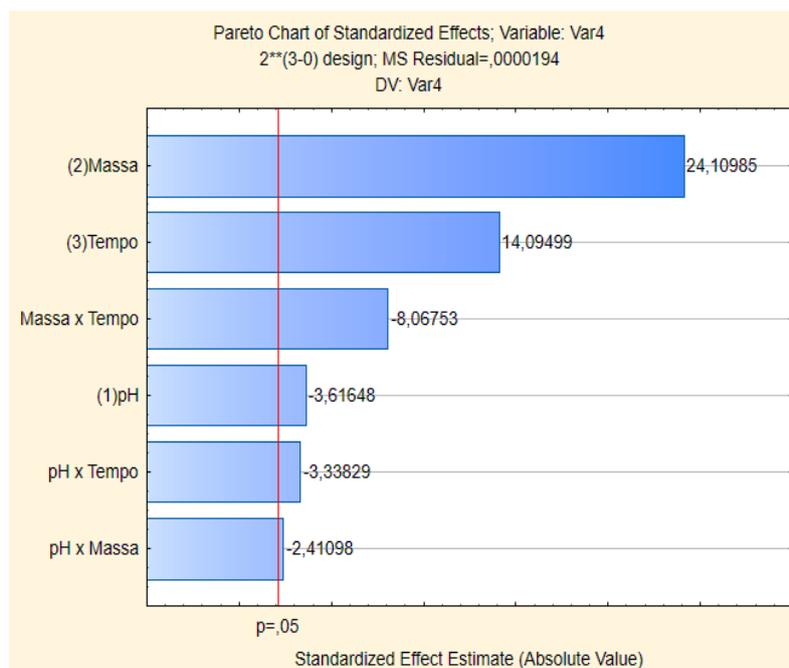


Analisando os dados experimentais, pode-se observar que apenas a variável tempo foi significativa. O sinal positivo para tempo indica que, para obter melhores resultados de adsorção do corante têxtil, deve-se aumentar o tempo de contato adsorvente e efluente.

De acordo com Luís (2009), a capacidade de adsorção e a eficiência de remoção de um adsorvato por um bioadsorvente aumentam quando o tempo de contato é prolongado. Para Shimmel *et al.* (2008), isso ocorre devido à grande quantidade de sítios vazios do bioadsorvente estar disponível para a adsorção do corante. No decorrer do tempo, a quantidade de sítios vazios diminui, tornando o processo mais lento até atingir um valor constante, não havendo mais remoção de corante da solução a partir desse momento.

Abaixo, segue a Figura 10 relacionada com a modificação do biomaterial *in natura*, mostrando a influência das variáveis e suas interações.

Figura 10. Representação gráfica de Pareto, para biomassa de mesocarpo de coco *in natura*



Observando o gráfico de Pareto, conclui-se que massa, massa x tempo, pH, pH x tempo e pH x massa têm significância no processo.

O valor negativo no diagrama de Pareto para o pH indica que, à medida que o pH diminui, a remoção do corante aumenta. O mesmo é observado por Cervelin (2010), que obteve maior remoção do corante azul de metileno, a 30°C e 100 rpm e pH = 1, utilizando *Salvinia sp. in natura* e pré-tratada com H₃PO₄. Os resultados da autora indicam uma redução na eficiência de bioadsorção da *Salvinia sp. in natura* quando há alteração de pH, de 87,78% em pH = 1 para 25,50% em pH = 3.

O resultado positivo da massa significa que, à medida que aumenta a quantidade

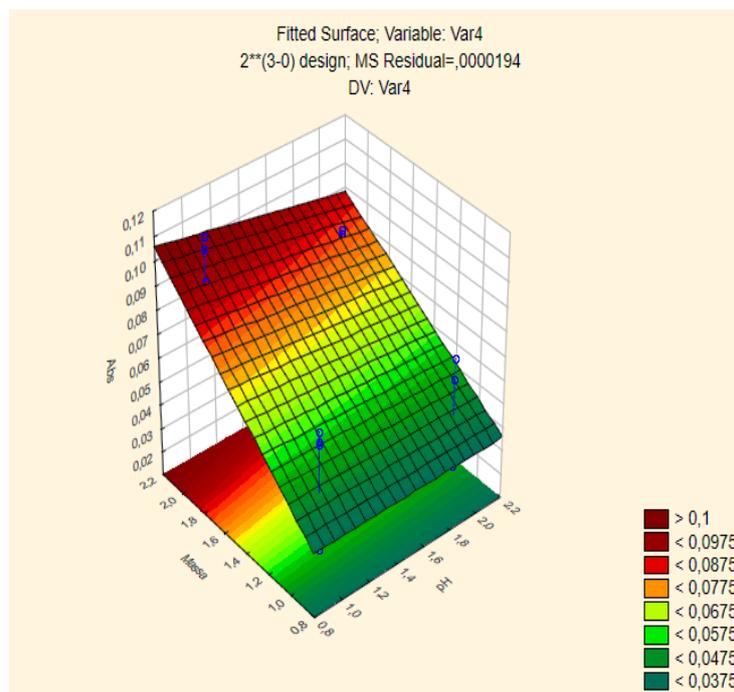
de massa de adsorvente, obtém-se um aumento na capacidade de adsorção. Alves (2013) mostrou que a quantidade removida aumenta com o aumento da quantidade de massa de adsorvente até 0,1 g. Este comportamento pode ser atribuído ao fato de que uma maior quantidade de massa aumenta a quantidade de área superficial do material e, com isso, há mais sítios disponíveis para a adsorção (CLARK, 2010).

O valor positivo para tempo significa que, ao aumentar o tempo de contato de efluente com adsorvente, aumenta a capacidade de adsorção.

Na interação de pH x massa, obteve-se sinal negativo, o que indica que se houver diminuição de ambos, haverá melhor eficiência de remoção do corante têxtil. Na interação de pH x tempo, obteve-se sinal negativo, o que indica que, se houver redução de ambos, haverá melhor eficiência de remoção do corante têxtil. A interação massa x tempo possui sinal negativo, indicando que ambos interagem e que, se diminuir os valores de ambos, isso contribuirá para o processo de remoção de corante no efluente têxtil.

A seguir, na Figura 11, há representação do gráfico de superfície utilizando bio-material *in natura* mostrando a influência das variáveis e suas interações.

Figura 11. Representação do gráfico de superfície para amostra sem modificação



A Figura 11 demonstra que há uma tendência de melhor remoção do corante têxtil no efluente, em menores valores de pH do que o testado (pH=3) e em quantidades maiores de adsorventes que a utilizada no estudo, visto que, aumentando a quantidade de adsorvente, maior será a adsorção, ou seja, maior a disponibilidade de sítios para a adsorção.

Feito o pH_{PCZ} , observou-se que em pH menor que 4,00, o material encontra-se positivamente carregado e irá adsorver espécies negativas, podendo assim verificar que

o material *in natura* obteve melhor remoção em pH abaixo de 3. De acordo com Tagliaferro *et al.* (2011), em soluções com pH abaixo do pH_{PCZ} , a adsorção de ânions é favorecida, já que o adsorvente possui carga positiva.

4.1.3. Capacidade adsortiva

Para o estudo de remoção, foi calculada a porcentagem de remoção obtida em cada tratamento. A Tabela 3 apresenta as maiores remoções obtidas para cada material.

Tabela 3. Capacidade de remoção de cor do efluente

Tratamento	Material	Remoção (%)	Desvio Padrão
1	HCl	88,24	0,001
2	NaOH	22,87	0,002
3	CH ₃ OH	46,08	0,004
4	<i>in Natura</i>	71,28	0,003

Considerando as melhores remoções para cada material, observaram-se, de maneira geral, as seguintes condições: (1) 0,5 g, 60min, pH 3; (2) 0,01 g, 60 min, pH 9; (3) 0,01g, 60 min, pH 3; (4) *in natura* 0,01g, 5min., pH 3.

Com os dados da Tabela 3 pode-se observar que o tratamento 1 apresentou melhor remoção de corante quando comparado com os demais tratamentos. De acordo com Botrel (2012), o aumento da capacidade de adsorção está relacionado com o aumento da quantidade de adsorvente empregada, podendo assim estar associado ao aumento da quantidade de sítios ativos necessários à acumulação e à interação de moléculas de adsorvato. Desde que a quantidade de moléculas de adsorvato se mantenha constante, a quantidade de adsorvente pode ser considerada uma medida diretamente proporcional ao número de sítios em interação.

De acordo com Cunha (2014), nos testes conduzidos com 0,5g de bioadsorvente *Salvinia* sp. e casca de arroz ambas *in natura* com 50mL da solução preparada a partir de azul 5G e vermelho 4B, as amostras foram submetidas à agitação orbital constante (100 rpm e 30°C) em intervalos de tempo de 5, 10, 20, 30, 40, 60, 90 e 120 minutos. Os resultados de adsorção obtidos com os bioadsorventes *in natura* não foram eficientes e indicam que estes bioadsorventes não são apropriados para a remoção dos corantes nas condições experimentais deste estudo. No presente trabalho utilizando 0,01g de mesocarpo do coco, obtiveram-se 71,28% de remoção, considerado um ótimo resultado.

De acordo com Botrel (2013), os menores percentuais de remoção em valores de pH básicos podem ser atribuídos tanto à perda da carga positiva do corante quanto à repulsão eletrostática de grandes quantidades de grupos superficiais carregados negativamente no biomaterial.

O autor Silva (2015) avaliou 0,5 e 1,5g de fibra do Ouricuri *in natura* e observou que 0,5g para 50 ml da solução do corante azul de metileno foi a quantidade ótima em seus testes. No presente trabalho, a massa mínima testada foi menor mostrando eficiência no tratamento.

5. Conclusão

Ao analisar o poder de adsorção de azul de metileno por rejeito fibroso do coco-da-baía, foi possível investigar a influência das variáveis de processo: massa de adsorvente, tempo e pH do efluente, através da utilização do planejamento experimental 2³. A máxima capacidade de adsorção alcançada foi com 0,5g de mesocarpo de coco, com tempo de agitação de 60 minutos e pH=3,00. Novos estudos devem ser realizados para determinar os valores ótimos de massa, pH e tempo.

O mesocarpo do coco mostrou uma alternativa promissora e viável para a remoção de corante, tendo em vista que este adsorvente, consideravelmente abundante e de baixo custo quando comparado aos adsorventes químicos, favorece a aplicação em escala industrial, em que o custo envolvido no tratamento do efluentes líquidos é oneroso.

Referência

ALVES, Fernanda Cristina. *Estudo dos processos de adsorção utilizando argilas como adsorventes para remoção do corante verde malaquita*. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroquímica,, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

AVELAR, F.F.; BIANCHI, M.L.; GONÇALVES, M.; MOTA, E.G. The use of piassava fibers (*Attalea funifera*) in the preparation of activated carbon. *Bioresource Technology*, 101 (2010).

BRASIL, Jorge L. 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*. Porto Alegre, 30(3):548-553, 2007.

BOTREL, Bianca Mesquita Coelho. *Aproveitamento de resíduos agroindustriais na adsorção do corante azul de metileno: aliança favorável entre viabilidade econômica e desenvolvimento sustentável*. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, 2013.

CARDOSO M.H.; RAMALHO P. *Biodegradação de corantes de efluentes têxteis por leveduras*. Universidade do Minho, 2004.

CERVELIN, Patrícia C. *Avaliação da remoção do corante comercial reativo azul 5G utilizando macrófita *Salvinia* sp.* 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, 2010.

CLARK, H. L. M. *Remoção de Fenilalanina por adsorvente produzido a partir da torta prensada de grãos defeituosos de café*. 2010. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

COMPARINI, Anaisa et al. *Metodologia de superfície de resposta: uma introdução nos softwares*

R e statistica. Disponível em: <http://conteudo.icmc.usp.br/CMS/Arquivos/arquivos_enviados/BIBLIOTECA_113_RT_376.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2017.

CUNHA, Bruna dos Santos. *Utilização de biossorventes alternativos na remoção de corantes têxteis*. 2014. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

FURMANSKI, Luana Milak; COSTA, Patrícia Darolt de; DOMINGUINI, Lucas. *Estudo da cinética de adsorção de azul de metileno por resíduos fibrosos de bananeira*. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279272277_ESTUDO_DA_CINETICA_DE_ADSORCAO_DE_AZUL_DE_METILENO_POR_RESIDUOS_FIBROSOS_DE_BANANEIRA>. Acesso em: 03 nov. 2016

LUÍS, Paula Maria dos Santos de Sá. *Remoção de cor em efluentes têxteis por adsorção em materiais inorgânicos de origem natural*. 2009. 245 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

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.

SCHIMMEL, D.; ZANELLA, K.; SANTOS, W. J.; COLDEBELLA, C.; SILVA, E. A. Estudo da difusividade efetiva do corante azul turquesa QG em carvão ativado comercial, in: *V Enditec - Encontro Nacional de Difusão Tecnológica*, 2008, Medianeira. Anais do V Enditec - Encontro Nacional de Difusão Tecnológica, 2008.

SILVA, T. S.; HENRIQUE, D. C.; MEILI, L.; SOLETTI, J. I.; CARVALHO, S. H. V. *Utilização da fibra do ouricuri (syagrus coronata) na remoção do corante azul de metileno: variáveis de processo e isoterma de adsorção*", pp. 1230-1239, in: *Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados - ENEMP 2015 [Blucher Engineering Proceedings]*. São Paulo: Blucher, 2015.

SILVEIRA, S. S. B.; SANTANNA, F. S. P. *Poluição hídrica*. Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos. Brasília: PNDU/IPEA, p. 57- 84, 1990.

TAGLIAFERRO, Gerônimo V. et al. Adsorção de chumbo, cádmio e prata em óxido de nióbio (v) hidratado preparado pelo método da precipitação em solução homogênea. *Química Nova*. São Paulo, 34(1):101-105. 2011.

WANG, S.; LI, H. T. Kinetic Modelling and Mechanism of Dye Adsorption on Unburned Carbon, *Dyes Pigm.* n. 72, 207, pp. 308–314.

Estudo da adsorção do corante azul de metileno utilizando a casca de tamarindo como bioissorvente

Methylene blue dye adsorption study using the tamarind peel as a biosorbent

Júnia Ariane Duarte Barroso

Graduanda do curso de Engenharia Química (UNIPAM).
e-mail: junia.engenhariaquimica@gmail.com

Larissa Ribeiro Lopes

Graduanda do curso de Engenharia Química (UNIPAM)

Renata Nepomuceno da Cunha

Engenheira Química; Doutora; Professora orientadora (UNIPAM).
e-mail: renatanepc@unipam.edu.br

Resumo: A adsorção é um fenômeno físico bastante utilizado no tratamento de águas contaminadas por corantes orgânicos, devido à sua elevada eficiência e baixo custo operacional. O estudo de adsorventes alternativos fornece subsídios científicos para o reaproveitamento tecnológico de resíduos em operações industriais. Nesse contexto, este estudo visou a análise do potencial adsorvente da casca de tamarindo sobre o corante azul de metileno. Os efeitos do pH, da concentração de adsorbato e do tamanho de partícula bioissorvente foram estimados em coluna de leito fixo. A partir dos resultados, observou-se que a casca do tamarindo tem potencial adsorvente e que as condições ótimas de operação foram: pH básico (10), elevadas concentrações da solução (50 mg/L) e partículas menores de adsorbente (48 mesh).

Palavras-chave: Adsorbente. Corante azul de metileno. Tamarindo.

Abstract: Adsorption is a physical phenomenon widely used in the treatment of water contaminated by organic dyes, due to its high efficiency and low operating cost. The study of alternative adsorbents provides scientific subsidies for the technological reutilization of waste in industrial operations. In this context, this study aimed to analyze the adsorbent potential of the tamarind peel on the methylene blue dye, evaluating the adsorption kinetics curves. The effects of pH, adsorbate concentration and biosorbent particle size were estimated on a fixed bed column. From the results, it was observed that the peel of tamarind has adsorbent potential and that the optimum conditions of operation were: basic pH (10), high concentrations of the solution (50 mg/L) and smaller particles of adsorbent (48 mesh).

Keywords: Adsorbent. Methylene blue dye. Tamarind.

1. Introdução

Entre os problemas enfrentados pela indústria têxtil na atualidade, destaca-se a remoção de corantes orgânicos do efluente gerado pelo processo produtivo. Tais poluentes são extremamente nocivos ao ecossistema e à saúde da população em geral. Mais de 700 mil toneladas de 10 mil tipos de corantes e pigmentos são produzidas anualmente no mundo, sendo o Brasil responsável por 2,6% dessa demanda (ZANONI et al., 2001).

Uma vez que os corantes são tóxicos e causam a bioacumulação da cadeia trófica, a indústria têxtil, que demanda elevadas quantidades de água na produção, tem o objetivo de atingir o padrão de qualidade, exigida pelos conselhos ambientais, no despejo de seus efluentes. Processos físicos, químicos e biológicos são as principais propostas para a remoção da cor dos corantes, no entanto, são processos de custo elevado. Nesse sentido, o desenvolvimento de processos alternativos e de alta eficiência para a remoção da cor de efluentes industriais é de extrema importância (SILVA, 2011). Dentre os processos destaca-se a adsorção.

Segundo Gonsalves (2014), a adsorção tem se sobressaído do ponto de vista operacional e econômico, por causa da simplicidade de execução e do baixo custo de implementação e manutenção na remoção de corantes orgânicos. No entanto, adsorventes utilizados, como o carvão ativo em pó, quando se trata de um tratamento em larga escala, possui alto custo. Nesse contexto, adsorventes alternativos, dentre eles os biossorventes, vêm sendo utilizados nos tratamentos envolvendo a adsorção.

O estudo de adsorventes alternativos tem se destacado, pois gera economia para as indústrias, além de serem utilizados resíduos considerados sem aproveitamento tecnológico. As cascas de materiais orgânicos exemplificam tais adsorventes. Segundo Gonsalves (2014), resíduos tais como casca de arroz, amendoim, banana, coco verde, pinhão e tamarindo já foram estudados para esse fim.

O Tamarindo (*Tamarindus indica L.*) é uma árvore frutífera nativa da África que se adaptou bem ao clima do Brasil, especialmente no Nordeste (MAIA, 2015). Sua cultura é ideal em regiões semiáridas, podendo tolerar 5 a 6 meses de seca. O tamarindeiro tem uma alta resistência a pragas e seu ciclo de vida é bem longo, podendo chegar a 200 anos, segundo o ICAG (Instituto de Ciências Agrárias da UFU, 2013).

A polpa desse fruto é bastante utilizada no Brasil para a produção de refrescos, doces, sorvetes e licores (EMBRAPA, 2006). Além da exploração culinária, esse fruto tem papel importante na produção de fármacos, uma vez que possui ação laxante natural (GONSALVES, 2014).

O fruto tamarindo é caracterizado por uma vargem alongada com casca quebradiça, de aspecto lenhoso, tendo um tamanho variado entre 5 e 15 cm, insolúvel em água e considerada um resíduo sem reaproveitamento tecnológico (GONSALVES, 2014), porém com um grande potencial para estudos, por exibir área superficial e possuir aspecto poroso, delgado e frágil, características correlacionadas à adsorção. Interiormente, o fruto é constituído por 3 a 8 sementes envolvidas por uma polpa comestível, a qual possui uma cor parda rica em ácidos orgânicos, sendo o ácido tartárico o principal (MAIA, 2015).

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar o potencial adsorvente da casca de tamarindo, provinda de resíduos de uma indústria de despolpamento, sobre o adsorvato azul de metileno, um dos corantes utilizados na indústria têxtil. São ainda objetos

de escopo desta pesquisa: estudar a cinética de adsorção e estimar os efeitos do pH, da granulometria do biossorbente e da concentração do adsorvato, bem como a altura do leito estático sobre a adsorção do corante azul de metileno.

2. Revisão de literatura

Características do tamarindo

O termo "tamarindo" originou-se do árabe (tamrhindī), que em português significa "tâmara da Índia". É uma espécie que pertence à família das leguminosas, ou seja, são plantas cujas sementes crescem em vagens. No estudo de Stege (2011), é ressaltada a importância do tamarindo no continente africano devido ao seu alto conteúdo de vitaminas e minerais. Nas folhas, encontram-se fósforo, potássio, cálcio, magnésio e vitamina C. A polpa dessa fruta é constituída por 98 % de ácido tartárico e açúcares solúveis, sendo rica em pectinas, vitaminas B e C, betacaroteno e ácidos orgânicos (DONADIO, 2011).

Na Tabela brasileira de composição dos alimentos (TACO, 2011), para cada 100 g de tamarindo cru encontram-se aproximadamente 0,34 mg de manganês, 55 mg de fósforo, 3g de proteína, 0,5 g de lipídeos, 70g de carboidrato, 40mg de cálcio, 7,2mg de vitamina C, 0mg de colesterol e relevantes teores de ferro, zinco e vitaminas B1 e B2.

A presença desses nutrientes faz do tamarindeiro uma importante planta medicinal, tendo como aplicação principal os fármacos laxantes. Seu sabor azedo adocicado faz com que o tamarindo seja amplamente explorado na culinária. No Nordeste essa fruta é muito utilizada nos refrescos, doces, licores, sorvetes e outros alimentos.

Nos estudos realizados por Gonsalves (2014), que utilizou a casca do tamarindo como biossorbente do corante azul de metileno, o autor caracteriza a casca do tamarindo através de diferentes métodos, com o objetivo de definir algumas de suas características superficiais. A área superficial específica encontrada foi de 14,18 m².g⁻¹, o volume médio de poros foi de 0,014 cm³.g⁻¹ e o diâmetro médio de poros teve como resultado 50,8 Å. Tais características demonstram que a casca possui aspecto poroso, e atribuem à casca deste fruto o papel de possível adsorbente na adsorção de corantes orgânicos.

Corantes orgânicos

As atividades industriais têm aumentado constantemente e, como consequência, maiores são os volumes de efluentes que devem ser tratados, reduzindo-se assim os danos ao meio ambiente. Nesse contexto, a indústria têxtil aparece em lugar de destaque, visto que para a obtenção de seus produtos é utilizada elevada quantidade de água gerando expressivo volume de efluente.

Atualmente, mais de 700 mil toneladas de corantes são produzidas anualmente, sendo 10 mil tipos em escala industrial. Destes, cerca de 2.000 tipos encontram-se disponíveis para a indústria têxtil. O Brasil é responsável por aproximadamente 2,6 % de corantes consumidos pela indústria têxtil, e dessa demanda cerca de 20% são descartados

em efluentes (ZANONI; CARNEIRO, 2001). A problemática acerca dos efluentes provenientes da indústria têxtil se deve à utilização de corantes no processo de tingimento e acabamento, etapas que realizam lavagens de tecidos com a adição de vários produtos químicos auxiliares (BROADBENT (2001); LEÃO et al. (2002) citados por Alves (2013)).

A cor forte decorrente dos corantes é uma característica que, além de representar uma fonte de poluição visual, oferece sérios riscos ao meio ambiente, principalmente em função da interferência nos processos fotossintéticos naturais, ocasionando prejuízos incalculáveis a médio e longo prazo, a toda biota aquática. Sua concentração é menor do que a de muitos outros produtos químicos encontrados nos efluentes, mas sua cor é visível mesmo em baixas concentrações (SARASA et al. (1998) citado por CUSTÓDIO et al. (2005)).

Segundo Zanoni e Carneiro (2001), a origem dos corantes têxteis é incerta, mas há indicações de seu uso pelo homem desde os primórdios das civilizações. Sua presença foi detectada em amostras de tecidos de tumbas egípcias e antigos hieróglifos datados de 2500 a.C. Até a metade do século 19, só existiam pigmentos naturais, provenientes de vegetais, insetos, moluscos e minerais, cujas fórmulas de extração e aplicação eram sigilosas. A grande revolução na história desses compostos ocorreu quando o químico inglês William H. Perkin (1860-1929) descobriu, em 1856, o primeiro corante sintético (malva) derivado do coque. Esse foi o primeiro passo para a produção de corantes orgânicos sintéticos em grande escala.

Corantes têxteis são compostos orgânicos cuja finalidade é conferir coloração a um determinado substrato. Os corantes apresentam dois componentes principais na sua estrutura: o grupo cromóforo, responsável pela cor que absorve a luz solar e o grupo funcional que permite a fixação nas fibras de tecidos (ROYER, 2008).

Segundo Twardokus (2004), os corantes são classificados por sua estrutura química ou por sua aplicação. Pela estrutura química podem ser classificados como nitrofenol, nitrosofenol, azo, trifenilmetano, antraquinona, ftalocianina, vinil sulfônico, pirimidina e triazina, e por aplicação eles são classificados de acordo com o tipo de fibra a ser tinta.

Um dos corantes de grande relevância na indústria têxtil é o azul de metileno, o qual é um corante catiônico que possui uma variedade de aplicações, sendo utilizado no tingimento de algodão, lã e papel, tinturas temporárias para cabelos, etc. Devido à sua forte adsorção em suportes sólidos, o azul de metileno, muitas vezes, serve como um composto modelo para a remoção de corantes e de contaminantes orgânicos a partir de soluções aquosas (OLIVEIRA, et al., 2013).

Adsorção

A adsorção foi um fenômeno descoberto no século XVII, sendo que as primeiras observações foram idealizadas no ano de 1773 por Scheele em experimentos com carvão ativado e argilas, os quais podiam reter alguns gases. Mas foi durante a I Guerra Mundial que a adsorção foi abundantemente utilizada na fabricação de máscaras que continha carvão ativado, a fim de reter gases tóxicos para proteção da respiração humana (Alves, 2013).

O fenômeno da adsorção é bastante utilizado por se tratar de um processo simples e eficiente, sendo definido como um processo de acumulação do adsorvato na superfície do adsorvente. O adsorvato é a substância que sofre o aumento de concentração sobre a superfície da fase condensada, e o adsorvente é a fase condensada na superfície da qual ocorre o processo (COLODEL, 2013).

Esse processo pode ser realizado por interações líquido-líquido, gás-líquido, gás-sólido ou líquido-sólido (McKAY, 1995). As moléculas podem aderir ao adsorvente pelo processo de quimissorção ou de fisissorção. A fisissorção ocorre a temperaturas baixas e possui baixa energia de interação com a superfície. É um processo reversível, e a força de interação entre as moléculas do adsorvente com a do adsorvato é da mesma ordem de grandeza da de Van der Waals, caracterizando-se como fraca. A quimissorção, por sua vez, é irreversível e envolve interações fortes, e as entalpias desse processo são da mesma ordem de grandeza das ligações químicas (ALVES, 2013).

Segundo Boba et. al. (2014), a adsorção pode ser operada em regime batelada ou contínuo. No sistema batelada são empregados tanques de mistura. Já no sistema contínuo são utilizadas colunas de leito fixo que operam por meio de ciclos de regeneração.

A seguir, são apresentados alguns dos fatores relevantes que podem alterar o processo de adsorção. As informações foram extraídas da literatura Curbelo (2002).

- *Temperatura*: Com a elevação da temperatura, a interação entre adsorvente e adsorvato diminui, uma vez que as moléculas adsorvidas têm maiores energias vibracionais, sendo conseqüentemente dessorvidas da superfície.
- *pH*: A influência do pH está diretamente relacionada à capacidade de as espécies a serem adsorvidas sofrerem ionização. O efeito do pH varia conforme a substância utilizada.
- *Velocidade de adsorção*: A adsorção física de substâncias na fase gasosa e de vapor ocorre rapidamente, enquanto que na fase líquida ocorre de maneira lenta, o que se deve ao efeito da viscosidade da substância sobre a velocidade da adsorção, sendo que o aumento da temperatura diminui a viscosidade e aumenta a velocidade do processo.
- *Natureza do adsorvente*: A natureza do adsorvente a ser utilizada está diretamente ligada ao estado da substância a ser adsorvida. Nos processos em que a fase fluida é um gás, os adsorventes precisam apresentar superfície interna bastante desenvolvida. O diâmetro dos capilares que produzem esta área deve ter abertura suficiente para permitir a penetração das moléculas a serem adsorvidas.
- *Área superficial do adsorvente*: A quantidade de adsorvato a ser adsorvida nem sempre será diretamente proporcional à área superficial interna. Segundo Curbelo (2002), a medida da área superficial do adsorvente é obtida a partir da quantidade de gás nitrogênio que pode ser adsorvida a -196°C , ponto de ebulição do N_2 . Se a molécula a ser adsorvida for maior que a do nitrogênio, grande parte desta área superficial interna torna-se inacessível. A superfície do adsorvente será alterada se houver algum tratamento que vise alterar sua carga superficial, a fim de melhorar sua capacidade adsorvativa, e se outras espécies forem adsorvidas, além da molécula de interesse.

Adsorventes

Os adsorventes são substâncias porosas que contêm elevada área superficial para uma determinada massa. Para serem considerados bons, eles devem possuir algumas características, tais como seletividade, resistência mecânica, perda de carga, custo aglomeração, densidade e área superficial (ALVES, 2013). Os adsorventes podem ser naturais ou sintéticos, sendo que os mais comercializados são os adsorventes amorfos: carvão ativado, sílica-gel e alumina ativada, e os adsorventes cristalinos tais como zeólitas (ALVES, 2013).

A utilização de resíduos para a adsorção tem se intensificado, uma vez que eles conferem aplicabilidade a materiais que podem ser considerados sem aproveitamento tecnológico. A seguir, serão apresentados alguns autores que trabalharam com adsorção de corantes propondo adsorventes alternativos, e mais adiante, autores que estudaram a adsorção com cascas de resíduos.

Heidemann et al. (2014), em estudos sobre a viabilidade do caule de mandioca (*Manihotesculenta crantz*) na adsorção de corantes, analisa o resíduo da indústria agroalimentícia como bioissorvente para a remoção de corantes verde malaquita e azul de metileno em solução aquosa, através do processo em batelada. Os autores observaram que as melhores capacidades de adsorção para o corante azul de metileno foram nos valores de pH de 6,0, já para o verde malaquita foram de 4,5 a 6,0. Em condições de elevados valores de pH altos, o corante azul de metileno continua sendo adsorvido, enquanto que o outro corante apresenta queda significativa de adsorção. O equilíbrio foi atingido em cerca de 6 horas para os dois corantes. Foi determinado que o talo da mandioca é um adsorvente viável em ambas as remoções dos corantes.

A casca do tamarindo já foi adotada como objeto de estudo na adsorção de azul de metileno e cromo (VI), por meio de banho finito de líquido, realizada por Gonsalves et al. (2014) e em pesquisas de adsorção de safranina, usando a técnica de coluna, desenvolvida por Júnior et al. (2014).

Gonsalves et al. (2014) utilizaram a casca do tamarindo em estudos de sorção não modificada. O sólido foi caracterizado por estudos de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e área superficial específica (BET E BJH). A cinética de equilíbrio foi alcançada em 120 e 180 minutos para o corante azul de metileno e o cromo (VI), respectivamente. A casca de tamarindo apresentou-se como um material microparticulado e mesoporoso, com superfície contendo majoritariamente grupos ácidos que se ionizam em pH superior a 4,5 e tornam o adsorvente carregado.

Júnior et al. (2014) estudaram a adsorção usando a técnica de coluna sob fluxo hidrodinâmico. A coluna utilizada era de propileno inerte com diâmetro interno de 0,4 cm. A massa de 500 mg de adsorvente *in natura* microparticulado utilizada nos estudos produziu uma altura de leito de 5,5 cm. Foi empregada uma bomba peristáltica para propelar a solução aquosa de safranina, através da coluna, contendo 15,0 mg.L⁻¹ em meio tamponado (NaH₂PO₄ / Na₂HPO₄ pH 7,0), através de uma gama de tempo de fluxo (0 - 360 min), na vazão de 2 mL.min⁻¹ e sob temperatura ambiente (27 ± 2 °C). O estudo obteve sucesso na adsorção de 94% da safranina dentro dos primeiros 30 minutos de funcionamento. Após 360 min, a capacidade de remoção de equilíbrio foi estimada em 12,51 mg.g⁻¹, e o percentual total de remoção foi de 58%.

3. Materiais e métodos

O biomaterial

Os resíduos de tamarindo utilizados como biossorbentes foram coletados em uma empresa destinada ao processamento de polpa de frutas, situada na região do Triângulo Mineiro. O beneficiamento do resíduo se fez por meio da retirada das sementes e fibras residuais. Realizou-se a secagem em estufa à temperatura de 90°C, com recirculação de ar até peso constante. O material seco foi triturado com o auxílio de um liquidificador industrial marca Metvisa, e em seguida peneirado. Foram adotadas como objeto de estudo as cascas retidas nas peneiras de 16, 32 e 48 mesh.

O corante e a curva de calibração

As soluções aquosas de corante azul de metileno foram preparadas previamente nas concentrações de 30 e 50 mg.L⁻¹. A construção da curva de calibração foi realizada em colorímetro CL 3003 Photometer, por meio da leitura da absorbância no comprimento de onda de 660 nm. O ajuste do pH foi realizado por meio da adição de soluções de HCl e NaOH a 0,1 mol.L⁻¹.

Ensaio de adsorção

Os ensaios de cinética de adsorção foram realizados em coluna de vidro de 7 cm de diâmetro. O sistema é composto por válvulas, tanques de armazenamento, coluna de adsorção, bomba, manômetros, painel de controle e rotâmetro. A adsorção em coluna se fez pela passagem do fluido pelo leito fixo, sendo adotadas vazões constantes. A amostragem foi realizada em intervalo de tempo fixo, após a passagem pela coluna de adsorção, medindo-se a absorbância das alíquotas, a fim de se obter o ponto de saturação.

Dentro desse contexto, foram avaliados os efeitos do pH, da granulometria, da concentração sobre a adsorção do corante cujas parametrizações são apresentadas na Tabela 1. Com os resultados obtidos foram construídas as curvas de ponto de ruptura, ou seja, razão entre a concentração do cátion removido e a concentração inicial do corante (C/C₀) em função do tempo. Segundo Alves (2013), o *breakthrough*, ou ponto de ruptura é atingido quando a parte da zona de adsorção atinge o fundo do leito, tornando a concentração do contaminante com um valor apreciável. As quantidades de corantes adsorvidos no processo de biossorção (Q_i) foram calculadas utilizando-se a Equação 01.

Tabela 1. Parâmetros adotados nos ensaios de adsorção

Ensaio	pH	Concentração [mg.L ⁻¹]	Granulometria [mesh]	Altura do leito estático [cm]
1	3,5	30	16	5
2	3,5	30	48	5
3	10,5	50	16	2
4	3,5	30	16	2
5	10,5	30	16	2

$$Q_t = \frac{C_0 Q}{1000} \times \int_0^t \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) dt \quad (01)$$

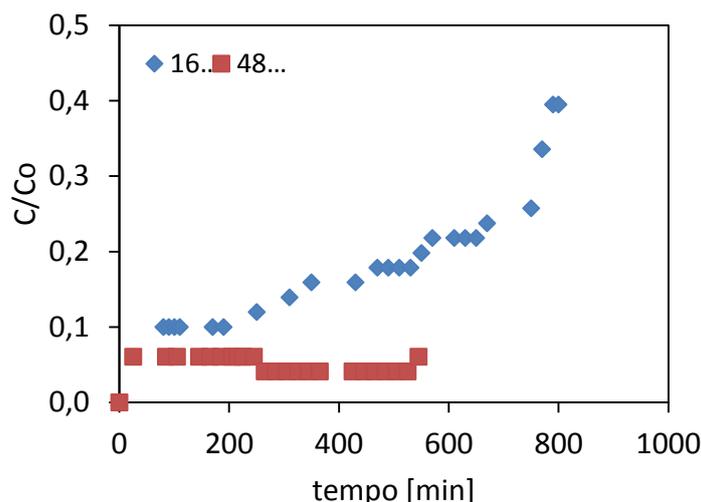
em que: Q_t é a quantidade de corante adsorvido[$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$]; C_0 é a concentração inicial de corante[$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$]; C é a concentração de corante [$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$]; t é o tempo [min]; Q : vazão volumétrica[$\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$].

No estudo do potencial de capacidade de adsorção do corante azul de metileno pela casca de tamarindo, obtiveram-se as curvas de ruptura avaliando-se a influência dos parâmetros: granulometria do bioissorvente, pH e concentração do corante na solução de alimentação do leito e altura de leito estático.

4. Resultados e discussões

A Figura 1 explicita a curva de ruptura para um leito constituído de partículas retidas nas peneiras de 16 e 48 mesh, mantidos constantes (concentração de corante de $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; pH de 3,5 e altura de leito estático de 5 cm). Nota-se que granulometrias menores (48 mesh) promoveram maiores retenções do corante, ou seja, possuem maior capacidade de adsorção. O resultado obtido se deve ao aumento da superfície de contato, que contribui para adsorção, pois a saturação ocorre de forma mais lenta (CURBELO, 2002). Annadurai (2002) acrescenta que, para partículas maiores, tem-se um aumento da resistência ao transporte de massa, sendo que a maior parte da superfície interna da partícula pode não ser utilizada para adsorção. Consequentemente, a quantidade de corante adsorvido é pequena resultando em uma baixa remoção. Resultados similares foram obtidos por Menezes (2010) em sua pesquisa sobre a remoção do corante azul reativo 5G, utilizando o bagaço do maracujá amarelo em sistema batelada.

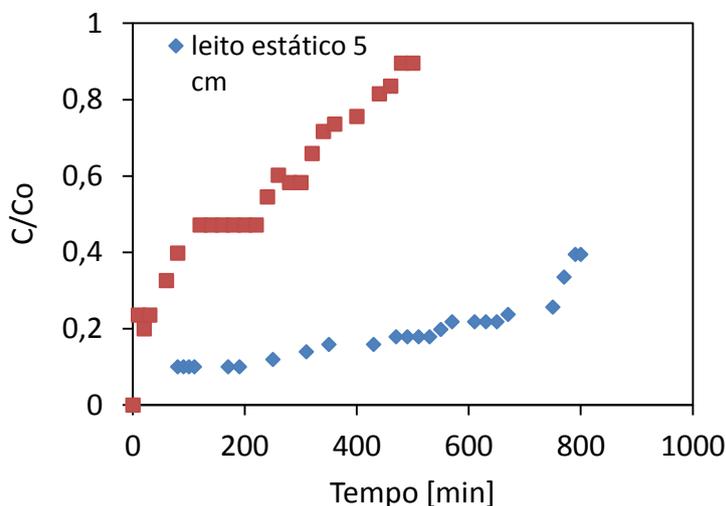
Figura 1. Efeito da granulometria da partícula de tamarindo sobre a adsorção de azul de metileno



A Figura 2 mostra as curvas de ruptura para leitos estáticos de 2 e 5 cm (concentração de corante de $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; pH de 3,5 e granulometria de 16 mesh). Conforme esperado, o aumento da altura do leito resultou no aumento da eficiência de remoção devido

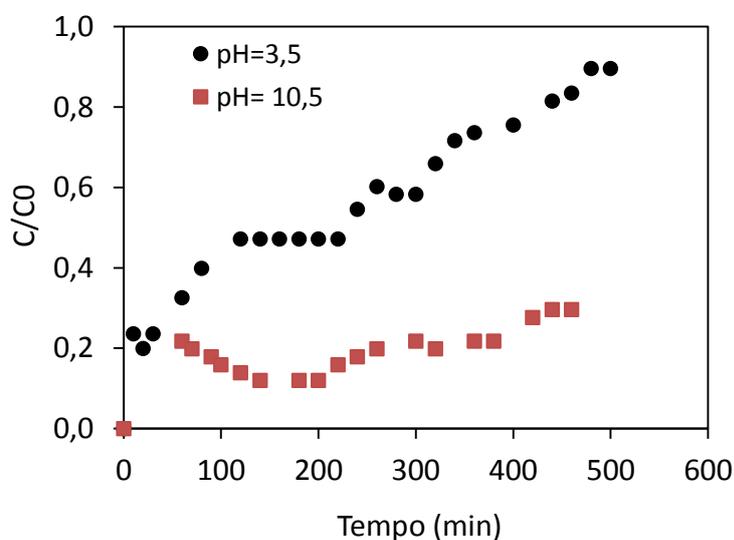
à maior quantidade de adsorvente que confere um acréscimo no número de sítios ativos disponíveis e maior capacidade de adsorção pelo leito.

Figura 2. Efeito da altura de leito estático sobre a adsorção de azul de metileno



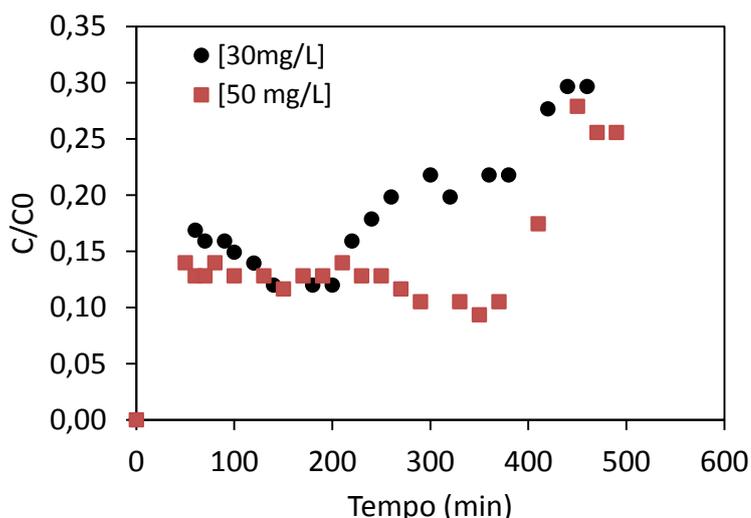
A Figura 3 apresenta as curvas de ruptura obtidas em experimentos dos diferentes pHs, mantidas as demais condições constantes (concentração de corante de 30 mg.L⁻¹; altura de leito de 7 cm e granulometria de 16 mesh). Verifica-se que o pH alcalino favoreceu a remoção do corante. Este fato pode ser explicado pela dissociação de grupos funcionais presentes nos sítios ativos do adsorvente (MALLETT al., 2006) e pelo caráter catiônico da molécula de azul de metileno. Em pH=3,5 pode ocorrer a competição entre os íons H⁺ em solução e essas moléculas, diminuindo a eficiência de adsorção nesse pH (LEAL et al., 2012).

Figura 3. Efeitos do pH sobre a adsorção utilizando casca de tamarindo



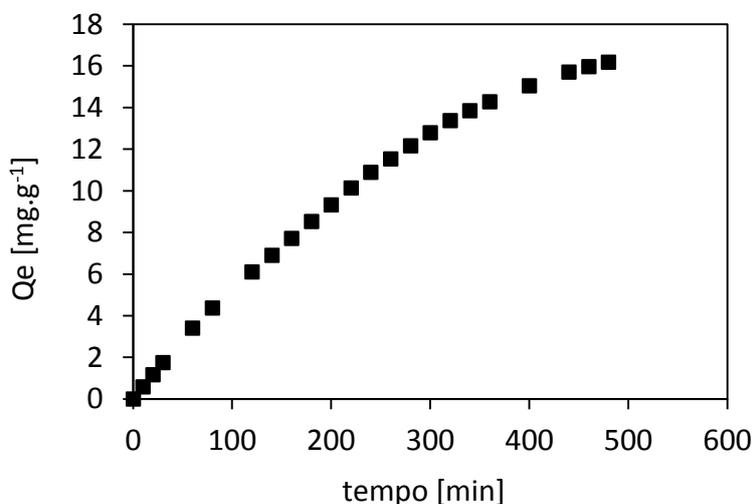
O efeito da concentração da solução de corante é evidenciado na Figura 4, no pH de 10,5; altura de leito estático de 2 cm e granulometria de 16 mesh. Os resultados evidenciam que, em baixas concentrações, o leito satura-se desigualmente em maior proporção. Ao aumentar a concentração inicial de azul de metileno, há mais espécies distribuídas na superfície do adsorvente, o que contribui para uma maior formação de ligações químicas na superfície (LEAL et al., 2012).

Figura 4. Efeito da concentração sobre a adsorção utilizando cascas de tamarindo



Na Figura 5 é apresentado o estudo cinético, sendo avaliada a quantidade de corante removida em função do tempo, até obtenção da saturação da coluna. Ressalta-se que a figura apresenta apenas os resultados obtidos para o ensaio experimental 4, no qual foi possível obter o ponto de saturação (C/C_0 próximo de 1).

Figura 5. Avaliação cinética de adsorção de azul de metileno utilizando cascas de tamarindo



A adsorção do corante azul de metileno pela casca de tamarindo ocorreu de forma mais acentuada nos primeiros 300 minutos, com remoção de ($q(t) = 12,79 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). O tempo de equilíbrio do sistema estabeleceu-se em torno de 460 min com uma remoção de $15,96 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

5. Conclusões

- i. A partir dos resultados obtidos foi possível observar a eficácia da casca de tamarindo como biossorvente na adsorção do corante azul de metileno, fato esse evidenciado pela significativa remoção de corante.
- ii. Pelos resultados obtidos nota-se que as condições ótimas de operação foram pH básico, em torno de 10, elevadas concentrações da solução de azul de metileno, (50 mg/L) e partículas menores de adsorvente, cerca de 48 mesh.
- iii. Os resultados obtidos na adsorção de solução de azul de metileno em resíduos de tamarindo mostram o potencial promissor do uso desse material como adsorvente.

6. Nomenclatura

Simbologia	Descrição	Unidades
Q_t	quantidade de corante adsorvido	$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
Q_e	quantidade de corante adsorvido no equilíbrio	$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
k_{dif}	constante de velocidade de difusão intrapartícula	$\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1/2}$
A	taxa inicial de velocidade de adsorção	$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
B	extensão da cobertura da superfície de energia de ativação para a adsorção	$\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$

7. Referências

- ANNADURAI, G., JUANG, R. S., & LEE, D. J. Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, B92, 263–274, 2002
- ALVES, Fernanda Cristina. *Estudo dos processos de adsorção utilizando argilas como adsorventes para remoção do corante verde m*. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroquímica, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013
- BONETTO, Luis Rafael. *Estudo da adsorção do corante azul de metileno por um resíduo sólido da indústria de suco de maçã*. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016.
- BORBA, Carlos Eduardo et al. *Estudo da cinética e do equilíbrio de adsorção dos corantes azul turquesa qg e amarelo reativo 3r em carvão ativado*. Paraná: Engevista, 2012.

COLODEL, Cristiane. *Adsorção*. Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABcFwAD/adsorcao#comments>>.

CURBELO, F. D. da S.; OLIVEIRA, E. L. de. *Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada*. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal- RN, 2002.

DONADIO, Luiz Carlos. *Conhecendo melhor o tamarindo*. 2011. Disponível em:
<<http://www.todafruta.com.br/conhecendo-melhor-o-tamarindo/>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

GONSALVES, A. A.; LEITE FILHO, C. A.; MEDEIROS, F. S.; ARAÚJO, C. R. M. *Casca do tamarindo: caracterização e estudos de adsorção de azul de metileno e cromo(vi) usando a técnica de banho finito de líquido*. Petrolina- PE: Revista Virtual de Química, v. 6, n. 5, 5 jun. 2014.

HASSEMER, Maria Eliza Nagel; LAPOLLI, Flávio Rubens; AMORIM, Maria Teresa Sousa Pessoa de. *Oxidação por via úmida ativada – uv/h_2O_2 – para degradação da cor de efluentes têxteis*. in: *oxidação por via úmida ativada – uv/h_2O_2 – para degradação da cor de efluentes têxteis*, 23. Florianópolis – SC. Campo Grande/MS: Abes, 2005, p. 1-7.

JUCHEN, P. T. et al. Adsorção e dessorção do corante azul de metileno utilizando o palito de erva-mate, in: *Encontro Brasileiro de Adsorção*, 10, 2014, Guaraja. Guaraja: 2014.

LEAL, Paulo Vitor Brandão et al. Estudo da adsorção do corante azul de metileno em resíduos de babaçu. *Journal of Biotechnology And Biodiversity*, p. 166-171, nov. 2012.

MALL, I. D.; SRIVASTAVA, V. C.; AGARWAL, N. K. Removal of Orange-G and Methyl Violet dyes by adsorption onto bagasse fly ash – kinetic study and equilibrium isotherm analyses. *Dyes and Pigments*, vol. 69, p. 210-223.

MCKAY, G. *Utilização de adsorventes para Remoção de poluentes das águas residuais*. Nova Iorque: CRC, 1995.

OLIVEIRA, P.; SILVA, W. L. L.; VIANA, R. R. *Avaliação da capacidade de adsorção do corante azul de metileno em soluções aquosas em caulinita natural e intercalada com acetato de potássio*. São Paulo: Cerâmica 59, p. 338-344, 2013.

ROYER, B. *Remoção de corantes têxteis utilizando casca de semente de Araucaria angustifolia como biossorvente*. 68p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SILVA JUNIOR, Robson Pinheiro da; SILVA, Georgetown Almir Oliveira da; ARAÚJO, Cleônia Roberta Melo. *Uso da casca de tamarindo (Tamarindus indica l.) em estudos de adsorção de safranina usando a técnica de coluna*. 2014. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia

Química, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Vale do São Francisco, 2014.

TABELA BRASILEIRA de composição de alimentos. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.

TWARDOKUS, Rolf Guenter. *Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil*. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC, 2004.

ZANONI, M. V. B.; CARNEIRO P. A. O descarte dos corantes têxteis. *Ciência Hoje*, Araraquara, v. 29, n. 174, ago. 2001.

Tratamento de efluente de xampus com aplicação de sementes do maracujá (*Passiflora edulis*) como biomaterial e sulfato de alumínio

*Treatment of xampus effluent with application of seeds of maracujá (*Passiflora edulis*)
as biomaterial and aluminum sulphate*

Eva Joscelina dos Santos

Graduando do curso de Engenharia Química (UNIPAM). evinhasantos15@gmail.com

Jorge Luis da Mota dos Santos

Voluntário Graduando do curso de Engenharia Química (UNIPAM).
jorgeluiscampelo@hotmail.com

Dayene do Carmo Carvalho

Professora orientadora (UNIPAM). dayenecc@unipam.edu.br

Elizete Maria da Silva Moreira

Professora coorientadora (UNIPAM). elizete@unipam.edu.br

Resumo: O presente trabalho objetivou realizar o tratamento de efluente de xampu, usando como biomaterial a semente de maracujá (*Passiflora edulis*) e solução de sulfato de alumínio. Os testes foram realizados em triplicata e foram determinados condutividade, cor e pH. Foi utilizado material natural para realização dos testes e o efluente de xampu foi produzido no laboratório usando água de torneira. Os resultados demonstraram a eficiência das sementes de maracujá no tratamento de efluente de xampu. Os valores obtidos foram mais satisfatórios com a massa de 0,1 g do biomaterial e com o ajuste do pH em 10 com NaOH. Assim, o material mostra-se eficiente no tratamento de efluente de xampu.

Palavras-chave: Tratamento de efluente. Xampu. Semente de Maracujá.

Abstract: The present work aimed to perform the treatment of shampoo effluent, using as bio-material the passion fruit seed (*Passiflora edulis*) and aluminum sulphate solution. Conductivity, color and pH were determined by the tests in triplicate, the tests were performed with the natural material, and the shampoo effluent was produced in the laboratory using tap water. The results demonstrated the efficiency of the passion fruit seeds in the treatment of shampoo effluent, the values obtained were more satisfactory with the mass of 0.1 g of the biomaterial and with the adjustment of the pH in 10 with NaOH. Thus, the material is effective in the treating of shampoo effluent.

Palavras-chave: Effluent treatment. Shampoo. Seed of passion fruit.

1. Introdução

Os cosméticos são preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência, corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado (CHORILLI et al., 2006).

O setor de cosméticos tem demonstrado um crescimento bem mais vigoroso que o restante da indústria brasileira e, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC, 2010), o país é o sétimo produtor mundial de cosméticos (BRASIL, 2013). A fabricação dos produtos demanda uma quantidade elevada de água, sendo considerada como uma das principais matérias-primas. Além de ser a base de muitos produtos, é também usada como solvente de corantes, aditivos e outros.

O intenso crescimento populacional, nos últimos anos, e o desenvolvimento industrial associado aos costumes da sociedade atual, entre outros fatores, têm contribuído para o aumento da produção de esgotos domésticos, fertilizantes, pesticidas, inseticidas, óleos, sabões e outras substâncias xenobióticas. Esses esgotos, não tendo tratamento e destino adequados, poderão produzir poluição, afetando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Os produtos de cuidados pessoais ou cosméticos estão entre os compostos mais comumente detectados em águas superficiais em todo o mundo, porém pouca atenção tem sido dada à determinação do risco potencial da sua liberação em ambientes aquáticos (BRAUSCH; RAND, 2011). A problemática dos despejos industriais e o interesse no reaproveitamento e reuso do efluente tratado para suprir a necessidade de água em alguns processos industriais, faz aumentar o surgimento de novas alternativas tecnológicas para o tratamento dos efluentes.

O cuidado com o meio ambiente e sua recuperação tem gerado cada vez mais demandas para as pesquisas científicas. O grande desafio para os pesquisadores é criar novas tecnologias ou aperfeiçoar as já existentes, para que possam solucionar as agressões ambientais provocadas pela evolução industrial cada vez de forma mais rápida, barata e eficaz (SEOLATTO, 2005; CALFA; TOREM, 2007).

Na maioria dos casos, esse efluente é destinado para o sistema de tratamento de efluente doméstico municipal, onde pode ter um impacto negativo para o meio ambiente (BOWERS; COLE; HOFFMAN, 2002). Porém, ainda não há conhecimento de um sistema de tratamento adequado para esse tipo de efluente.

A extração em fase sólida vem se destacando por ser possível o uso de biomassas para o tratamento de efluentes líquidos contaminados. Uma boa proposta de tratamento para esses resíduos seria o processo de bioissorção (OLIVEIRA; SILVA, 2011). A bioissorção é a captação passiva de íons metálicos através de materiais biológicos e tem como vantagem apresentar um menor custo em relação aos métodos convencionais utilizados (MOHAN; PITTMAN, 2007 *apud* SOUSA, 2014). Dentre os bioissorventes naturais, destacam-se as cascas e sementes de frutas ou partes de vegetais, que podem ser utilizados como bioissorventes para a retenção de elementos potencialmente tóxicos (OLIVEIRA; SILVA, 2011).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi investigar se o tratamento físico-químico utilizando como biomaterial sementes de maracujá e sulfato de alumínio possui eficiência para remoção dos poluentes existentes no efluente de salão de beleza, ou mesmo doméstico de xampus, proveniente do uso, avaliando os parâmetros condutividade, cor e pH, de acordo com os valores estabelecidos pelo CONAMA.

2. Referencial teórico

2.1. Cosméticos

Produtos cosméticos são aqueles de “uso externo nas diversas partes do corpo humano (pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral), com o objetivo de limpar, perfumar, alterar sua aparência, corrigir odores corporais, proteger ou manter em bom estado, conforme RDC nº 211/2005” (LACRIMANTE; RIBEIRO NETO, 2014, p. 1).

O culto à saúde e à beleza vem se tornando cada vez mais evidente ao longo das últimas décadas. Essa mudança de preferências e a importância das características físicas foram uma das principais mudanças no mercado de consumo a partir do século XX (GRANERO; ALBUQUERQUE, 2007). O Brasil aparece na terceira posição do *ranking* dos principais mercados consumidores de cosméticos do mundo, conforme o estudo realizado pelo Euro Monitor Internacional em 2010 (DINO, 2016).

A tecnologia de produção de cosméticos baseia-se em operações unitárias de homogeneização, aquecimento e/ou resfriamento, sendo a produção normalmente realizada em reatores em batelada, ou seja, de forma descontínua. Apesar da relativa simplicidade dos processos, a problemática dos efluentes gerados é considerada mesmo em indústrias de pequeno porte (MELO, 2012). A tabela 1 mostra diferentes formas de tratamento de efluentes industriais, seguida dos resultados obtidos nos testes.

Tabela 1. Tratamentos de efluentes cosméticos

Amostras	Efluente	Técnica	Parâmetros avaliados	Eficiência do tratamento	Referências
Efluente de Indústria cosmética	Cosmético	Flotação, Sulfato de Alumínio e Coagulantes	DQO, fósforo total, pH, turbidez, Sólidos totais	Os resultados foram satisfatórios	Marchetti, 2013
Fármacos	Água residual	Lodos Ativados	DQO, DBO	Eficiência: DBO média 80,7 % e 78,5 %. DQO 90,4 % e 87,2%	Moraes, Fonseca, 2012
Efluente com surfactantes e óleo mineral	Resíduo líquido	Tratamento anaeróbico	DBO, DQO	Eficiência: 72 % a 89%	Tavares, et al. 2005
Efluente de indústria de fármacos e cosméticos.	Resíduo fármaco	Eletrocoagulação-flotação (fotocátalise TiO_2/H_2O_2)	pH, DQO	Resultados satisfatórios	Boroski, et al. 2006
Efluente de indústria de cosméticos	Líquido contaminado	Coagulação, Flotação	Cor, DQO, pH, dureza, fósforo, óleos e graxas	Resultados satisfatórios	Ferraz, 2013

Fonte: Autoria própria, 2016.

O efluente líquido, após tratamento, deverá atender às seguintes concentrações, de acordo com a Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, de 17 de março de 2005:

DQO (mgO₂/L): < 125

DBO5 (mgO₂/L): < 50

OG vegetal (mg/L): < 50

OG mineral (mg/L): < 20

pH(un): entre 5 e 9

Sólidos Sedimentáveis (mL/L/h): < 1,0

Surfactantes (mg/L): 0,5

2.2. Resíduos gerados na produção de xampus

De acordo com Conselho Regional de Farmácia do Paraná (CRF-PR, 2015), a indústria de cosméticos gera despejos, resíduos não complexos e de fácil tratamento. No entanto, estes podem se tornar mais trabalhosos ou apresentar parâmetros restritivos dependendo dos produtos fabricados e da quantidade produzida. Na produção de xampus são geradas águas residuárias industriais oriundas do processo de higienização de utensílios, maquinário, panos de limpeza e pisos internos.

As alterações do equilíbrio ecológico e o impacto da atividade humana sobre o meio ambiente começaram a se transformar em assunto de preocupação para alguns cientistas e pesquisadores durante a década de 60 e ganharam dimensão política a partir da década de 70. Atualmente é um assunto bastante polêmico no mundo. Não é mais possível implantar qualquer projeto ou discutir qualquer planejamento sem considerar o impacto sobre o meio ambiente.

A indústria de cosmético pode gerar impactos ambientais além do processo produtivo, como no uso dos produtos e até mesmo com geração de resíduos de embalagem pós-uso. O tratamento de efluentes líquidos deve seguir os padrões determinados pela Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, além de seguir, quando estabelecido, as determinações estaduais.

2.3. Contaminação por efluentes urbanos

Historicamente, os centros urbanos sempre foram os principais focos poluidores e contaminadores dos recursos hídricos. Esses mesmos recursos que possibilitam a vida nas comunidades transformam-se, a jusante, nos receptores de toda a espécie de descarte das atividades humanas.

Há milhões de anos a água do planeta sofre constantes transformações, renova-se e é reutilizada. Uma das principais transformações que a água sofreu no último século é a crescente contaminação, problema que afeta especialmente zonas litorâneas e grandes cidades. Entre os principais fatores que colaboram para a poluição da água estão: lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais nos corpos hídricos, urbanização desenfreada, atividades agrícolas e de mineração, poluentes presentes na atmosfera carregados pela chuva, mudanças climáticas, entre outros fatores que colocam em risco a existência de água para consumo na Terra.

O artigo 3º da Declaração Universal pelos Direitos da Água recomenda: “Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia”. Porém, a preservação dos recursos hídricos no planeta está comprometida. Segundo relatório da Organização das Nações Unidas, ONU, divulgado no último dia 12 de março, durante o 6º Fórum Mundial da Água, 80% das águas residuais não são recolhidas ou tratadas e são depositadas com outras massas de água ou infiltradas no subsolo, resultando em problemas de saúde à população, além de danos ao meio ambiente.

No Brasil os rios mais poluídos se encontram em áreas urbanas. Segundo Ney Maranhão, superintendente de Planejamento de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas, ANA, “de acordo com o Censo 2010, IBGE, a população urbana do país é de cerca de 161 milhões de pessoas, correspondente a 84,4% da população total. Este alto nível de urbanização causa um impacto significativo nos rios que atravessam as cidades, pois somente 42,6% dos esgotos domésticos são coletados e apenas 30,5% recebe algum tratamento” (ATLAS, 2010).

A contaminação por águas residuais pode ser de vários tipos. Dentre eles destacam-se os apresentados no quadro 1.

Quadro 1. Tipos e descrição de contaminantes por águas residuais

Tipos	Descrição
Compostos inorgânicos	Metais pesados: provenientes de indústrias químicas e farmacêuticas, de usinas siderúrgicas, indústrias de fertilizantes, além das atividades de mineração.
Compostos orgânicos	Compostos fenólicos: provenientes de indústrias químicas e farmacêuticas e dos esgotos hospitalares que, mesmo em baixas concentrações, alteram a portabilidade da água e o sabor dos peixes contaminados. Detergentes: utilizados por várias indústrias afetam principalmente a fauna dos corpos receptores. Produtos petrolíferos e seus derivados: provenientes de vazamentos de oleodutos e tanques.
Efluentes domésticos	Provenientes das residências, hotéis, casas de diversões, clubes, comércios e centros comerciais e de serviços. São caracterizados por águas residuárias contaminadas basicamente por fezes humanas e animais, restos de alimentos e sabões e detergentes.
Efluentes industriais	Oriundos dos mais diversificados processos de industrialização, têm sido, historicamente, um importante fator de degradação ambiental. O despejo de efluentes industriais, tanto nos corpos d’água quanto na rede de esgoto a ser tratada, sem o devido tratamento prévio, provoca sérios problemas sanitários e ambientais.

Fonte: Adaptado de Archela et al., 2003.

2.4. Biossorção

Biossorção é uma propriedade que certos tipos de materiais inativos de origem biológica possuem, para captar e acumular metais pesados de soluções muito diluídas (JESUS, 2010). A biossorção se dá pela interação físico-química existente entre os grupos

funcionais da superfície do material e o íon metálico. Estas interações são rápidas e podem ser reversíveis (PINO, 2005).

De acordo com Pietrobelli (2002) o processo de biosorção consiste na ligação de uma fase líquida (solvente, normalmente água) contendo uma espécie dissolvida, que é o adsorvato (íons metálicos, por exemplo) a uma fase sólida-biomassa (materiais sólidos de origem natural e seus derivados), consistindo de vários mecanismos que diferem de acordo com as espécies usadas, a origem da biomassa e seu processamento, enquadrando-se no âmbito das tecnologias limpas.

Os mecanismos ocorridos durante a retenção de íons metálicos em um bioissorvente de origem vegetal estão diretamente relacionados aos grupos funcionais químicos existentes no material. Esses grupos normalmente estão presentes em estruturas contidas na parede celular do biomaterial, que engloba macromoléculas de celulose organizadas na forma de microfibrilas cercadas por hemiceluloses, lignina, pectina e pequenas porções de proteínas vegetais. Essas macromoléculas possuem grupos funcionais químicos, como álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, fenóis e éteres. Esses grupos tendem a doar elétrons para o cátion metálico estabelecendo, assim, a ligação entre o íon metálico e o bioissorvente (VAGHETTI, 2009).

3. Material e métodos

3.1. Coleta e preparo da casca e das sementes de maracujá

As cascas e sementes de maracujá utilizadas nesse trabalho foram doadas por uma empresa de polpa situada na cidade de Presidente Olegário, MG. Elas foram coletadas no fim do processo de despolpa antes do descarte dos resíduos em ambiente externo e armazenadas em sacos plásticos limpos e secos. Em seguida foram encaminhadas para o Laboratório Central Analítica do Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM.

As cascas e sementes do maracujá foram separadas em sacos de papel pardo, as cascas foram cortadas em pedaços de 3 a 4 cm e, juntamente com as sementes, foram dispostas à secagem natural por 24 horas, com temperatura variando entre 25 e 28 °C. Em seguida, foram levadas para estufa à temperatura de 50° C, onde permaneceram por 72 h até peso constante. Posteriormente, o material foi triturado em um liquidificador caseiro e sua granulometria controlada, sendo armazenado o material retido na peneira de 9 *mesh*.

Um terço dos materiais (cascas e sementes) foi armazenado para teste com material *in natura*. A outra parte passou por tratamentos para a modificação de suas superfícies para avaliar se há melhorias na adsorção. As cascas e sementes de maracujá foram pesadas (cerca de 200 g) e dispersos separadamente em 250 mL de solução de HCl a 1 mol.L⁻¹ ou NaOH a 1 mol.L⁻¹ deixados em agitação de 175 rpm durante uma hora em temperatura ambiente. As misturas foram filtradas em sistema simples e, em seguida, secaram em estufa na faixa de 50 e 60° C por 24 horas. Após o processo, foram armazenados em frascos de polietileno e armazenados ao abrigo de luz, umidade e calor.

As biomassas obtidas foram denominadas de casca de maracujá natural (CN), semente de maracujá natural (SN), casca de maracujá tratada com HCl (CA), casca de

maracujá tratada com NaOH (CB), semente de maracujá tratada com HCl (SA), e semente de maracujá tratada com NaOH (SB).

3.2. Preparo do efluente

O efluente de xampu foi produzido no Laboratório Central Analítica do Centro Universitário de Patos de Minas. Foi feita a compra do xampu antiqueda Seda®, e em seguida, o preparo de 4 L do efluente; transferiu-se 50 mL de xampu para o balão volumétrico de 2 L e preencheu-se o balão com água de torneira. Foram feitas as análises de condutividade, cor e pH do efluente bruto. A condutividade foi de 04.1 na escala de 20-200m/s, e o condutivímetro é do fabricante Wtrom® CD-4301. Na análise de absorvância, foi feita a varredura de 390 a 720 nm, o maior comprimento foi obtido em 390 nm sendo de 11,204 e o pH foi de 5,35. Depois de realizadas a fabricação e as análises do efluente bruto, fez-se o armazenamento em local adequado.

3.3. Processo de tratamento do efluente de xampu utilizando as sementes de maracujá

Para melhor eficácia do tratamento, foi feito o ajuste de pH de 2 L de efluente em meio ácido com HCl a 1,0 mol/L e 2L em meio básico com NaOH a 1,0 mol/L, a fim de avaliar qual meio o tratamento obteve melhor resultado.

Inicialmente foi feita a pesagem de cinco valores distintos, da semente de maracujá: 0,1 g; 0,3 g; 0,5 g; 0,7 g e 1,0 g. Todos foram feitos em triplicata, meio básico e meio ácido, totalizando 30 béqueres com o resíduo. Em cada béquer contendo o resíduo foram adicionados 50 mL de efluente e foi feita a padronização durante 10 minutos. Para a realização de tempo de contato, as amostras foram conduzidas à mesa agitadora, onde permaneceram em agitação constante por 30 minutos, e em seguida, foram feitas a filtração simples e as análises de condutividade, cor e pH.

Depois de realizado o tratamento e feitas as análises das amostras tratadas com o resíduo, foi feito o mesmo procedimento com sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$: foram medidas seis quantidades 12,5 mL da solução de sulfato de Alumínio, três para o tratamento em meio básico e três para meio ácido; em cada béquer contendo o sulfato de alumínio foram adicionados 50 mL do efluente; realizou-se a padronização por 10 minutos, e em seguida, as amostras foram levadas para a mesa agitadora para realização de tempo de contato, onde permaneceram por agitação constante durante 30 minutos. Após a retirada das amostras da mesa agitadora foram feitas as análises dos parâmetros condutividade, cor e pH.

4. Resultados e discussões

4.1. Parâmetros avaliados

Os dados obtidos foram expressos por meio de tabelas que apresentam a massa utilizada do resíduo de maracujá, os resultados das análises, bem como a quantidade de

sulfato de alumínio e os parâmetros avaliados, possibilitando avaliar os melhores resultados no decorrer do processo. A partir das cinco massas diferentes do biomaterial é visível a diferença no tratamento, assim como o ajuste do pH em 10 e em 3.

Inicialmente o efluente bruto analisado mostrou-se com parâmetros fora dos estabelecidos pelo CONAMA. O pH inicial foi de 5,35, considerado ácido. Após a varredura para analisar a cor do efluente, obtivemos o comprimento de 11,204. De acordo com a legislação, o parâmetro não está nos padrões: a condutividade, que foi de 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$, não é considerada de risco, pois não apresenta quantidades significativas de eletrólitos, pois o ideal para água potável é de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$

A Tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros após o tratamento com o resíduo de maracujá, o pH ajustado para 3 e com tempo de contato de 30 minutos.

Tabela 2. Tratamentos do efluente com semente de maracujá

Parâmetros com pH 3, tratamento com resíduo de maracujá e tempo de contato 30 minutos			
Massa de resíduo	Condutividade	Cor	pH
0,1 g	1150 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,188	3,34
0,1 g	1120 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1,016	3,27
0,1g	1130 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,260	3,18
0,3 g	1480 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,448	3,42
0,3 g	1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,408	3,68
0,3 g	1460 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,492	3,72
0,5 g	1980 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,652	3,84
0,5 g	1900 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,748	3,96
0,5 g	1880 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,788	3,85
0,7 g	2160 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,868	4,02
0,7 g	2240 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1,052	3,95
0,7 g	2150 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,892	4,05
1,0 g	3110 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1,140	4,12
1,0 g	2580 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1,564	4,14
1,0 g	2990 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1,208	4,18

Fonte: Autoria própria, 2017.

É possível observar na tabela 2 que a condutividade se mantém ideal apenas nas amostras em que a quantidade de resíduo era baixa, sendo elas 0,1 g e 03 g. As demais amostras analisadas continham maior quantidade de resíduo, no qual se obteve um resultado significativo na condutividade. Um exemplo é a água destilada, que tem uma condutividade de 0.5 a 3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com baixíssima quantidade de eletrólitos e que, por conseguinte, também possui baixa condução elétrica. A água potável de torneira possui uma condutividade de 50 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, já que esta possui mobilidade pelas tubulações e contato com o ar (depois de sair da torneira). Um fato importante é que, com um aumento

de temperatura da água, a condutividade também aumenta.

A cor do efluente tratado se mostrou dentro dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA nº 020/1986 sendo até 75 mg Pt/L, e as amostras com melhor resultado foram as que continham menor quantidade de resíduo de maracujá de 0,1 g e 0,3 g. Quanto ao pH não foram obtidos resultados esperados nesse tratamento, pois o meio continuou ácido. O meio se neutralizou apenas com o tratamento com resíduo de maracujá, em que houve o ajuste para pH 10, como mostra a tabela 3.

Tabela 3. Tratamentos do efluente com semente de maracujá

Parâmetros com pH 10, tratamento com resíduo de maracujá, tempo de contato 30 minutos			
Massa de resíduo	Condutividade	Cor	pH
0,1 g	1150 µS/cm	0,308	7,6
0,1 g	1120 µS/cm	0,344	7,22
0,1g	1130 µS/cm	0,312	7,64
0,3 g	1480 µS/cm	0,572	6,46
0,3 g	1500 µS/cm	0,640	6,54
0,3 g	1460 µS/cm	0,612	6,67
0,5 g	1980 µS/cm	0,792	6,41
0,5 g	1900 µS/cm	0,852	6,33
0,5 g	1880 µS/cm	0,884	6,25
0,7 g	2160 µS/cm	1,188	6,04
0,7 g	2240 µS/cm	1,120	6,08
0,7 g	2150 µS/cm	1,144	6,03
1,0 g	3110 µS/cm	1,540	5,8
1,0 g	2580 µS/cm	1,424	5,73
1,0 g	2990 µS/cm	1,584	5,73

Fonte: Autoria própria, 2017.

O tratamento feito com ajuste de pH para 10 obteve melhores resultados, a cor ficou dentro das normas nas amostras de 0,1 g e 0,3 g, a condutividade também nas amostras de 0,1g e 0,3g. O pH se neutralizou após o tratamento em todas as amostras, exceto nas que continham maior quantidade de resíduo 1,0 g, e o resultado ficou entre 6,5 e 7,6, sendo que a legislação estabelece pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades (CONAMA, 2005) nas águas doces onde ocorre pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo.

As tabelas 4 e 5 expressam os resultados do tratamento feito de sulfato de alumínio, com tempo de contato de 30 minutos. A tabela 4 expressa os valores obtidos no tratamento com o ajuste de pH em 3, e a tabela 5, o ajuste de pH foi em 10.

Tabela 4. Tratamentos do efluente com sulfato de alumínio

Parâmetros das análises com *pH* 3, tratamento com sulfato de alumínio e tempo de contato 30 minutos

Quantidade de sulfato de alumínio	Condutividade	Cor	<i>pH</i>
12,5 mL	160 $\mu\text{S/cm}$	3,356	2,94
12,5 mL	150 $\mu\text{S/cm}$	3,424	2,95
12,5 mL	150 $\mu\text{S/cm}$	3,260	2,94

Fonte: Autoria própria, 2016.

Observa-se que o tratamento feito com sulfato de alumínio não obteve a mesma eficiência que o feito com o resíduo de maracujá. Os dados de condutividade nas tabelas 4 e 5 estão nos padrões recomendados, pois a água de torneira possui entre 50 a 1500 $\mu\text{S/cm}$. As cores observadas nas amostras desse tratamento ficaram com aspecto turvo. Os valores expressos nas tabelas 4 e 5 mostram que estão acima do recomendado.

Tabela 5. Tratamentos do efluente com sulfato de alumínio

Parâmetros das análises com *pH* 10, tratamento com sulfato de alumínio, Tempo de contado 30 minutos

Quantidade de sulfato de alumínio	Condutividade	Cor	<i>pH</i>
12,5 mL	190 $\mu\text{S/cm}$	4,216	4,93
12,5 mL	190 $\mu\text{S/cm}$	4,156	4,95
12,5 mL	190 $\mu\text{S/cm}$	4,132	4,97

Fonte: Autoria própria, 2016.

A partir das representações nas tabelas, é visível a modificação do *pH* no decorrer do tratamento, e é possível observar nas tabelas 4 e 5 que o *pH* está baixo, sendo as amostras aquelas em que o tratamento foi realizado com sulfato de alumínio. Pode-se inferir que o tratamento do efluente de xampu realizado com as sementes de maracujá possui eficiência. Os valores expressos estão de acordo com as normas para despejos de efluentes. Sendo assim, não haverá danos significativos ao meio ambiente.

5. Conclusões

A partir das análises dos dados após o tratamento do efluente de xampu verificou-se que o processo foi de grande valia. Isso porque, antes do tratamento, o efluente apresentava grau de risco ao meio ambiente se ocorresse o despejo, uma vez que os parâmetros avaliados não estavam de acordo com as normas estabelecidas pela legislação. O sistema de tratamento foi utilizado com o objetivo de evitar a degradação da natureza,

já que essas águas serão lançadas de volta à natureza.

O tratamento com as sementes de maracujá obteve melhor remoção de cor do efluente, assim como quando utilizada a menor massa de resíduo, houve a neutralidade do pH, quando feito o ajuste para 10. Comparando os resultados, é possível notar grande diferença no tratamento realizado com sulfato de alumínio, que não obteve remoção adequada e para o qual o pH se manteve ácido.

A técnica utilizada para realização do tratamento do efluente de xampu se mostrou eficiente quanto à utilização das sementes de maracujá como biomaterial. Os valores obtidos nas análises estão de acordo com as normas da legislação para o despejo de efluentes líquidos, e sendo assim, a técnica pode ser aprimorada para melhora no tratamento.

Referências

ABIHPEC. Associação Brasileira de Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. *Guia Técnico Ambiental da Indústria de Higiene pessoal, Perfumaria e Cosméticos*. São Paulo, 2010.

ARCHELA, Edison et al. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. *Geografia*, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 517-525, jan./jun. 2003. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/6711/6055>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

ATLAS Brasil. *Abastecimento urbano de Água*, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2017

BARIN, Juliano Smanioto. *Desenvolvimento de procedimentos AC Alternativos de preparo de determinação de metais em fármacos tricíclicos*. 2007. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 2007.

BORBA, C. E. *Modelagem da remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo*. 2006. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BOROSKI, Marcela et al. *Eletrocoagulação: Tratamento de efluente de indústria de fármaco e cosméticos através da eletrocoagulação-flotação seguido de foto catálise*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Química. Universidade Estadual de Maringá, PR, 2006.

BOWERS, F.; COLE, K.; HOFFMAN, J. *Characterizing Beauty Salon Wastewater for the Purpose of Regulating Onsite Disposal Systems*. New Jersey Department of Environmental Protection. Division of Water Quality. August, 2002.

BRASIL: setor de higiene e beleza cresce em média 10% ao ano. 4 jun. 2013. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/economia/operacoes-cambiais/operacoes-empresariais/brasil-setor-de-higiene-e-beleza-cresce-em-media-10-ao-ano,0e9672f8f3a0f310Vgn-VCM20000099cceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

BRAUSCH, J. M.; RAND, G. M. A review of personal care products in the aquatic environment: Environmental concentrations and toxicity. *Chemosphere*, São Francisco de Quito, Equador, v. 82, p. 1518–1532, 2011.

CALFA, B. A.; TOREM, M. L. *Uso de biomassas em processo combinado biossorção/flotação para remoção de metais pesados*. Relatório de atividades do projeto de iniciação científica, 2004 – 2007. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/Pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/dcmm/dcmm_bruno_alfeu_clfas.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2016.

CASTANEDO-TARDAN, M. P.; ZUG, K. A. Patterns of Cosmetic Contact Allergy. *Dermatologic Clinics*, [S. l.], v. 27, p. 265-280, 2009.

CHORILLI, M. et al. Ensaio biológico para avaliação de segurança de produtos cosméticos. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, Araraquara, SP, v. 30, n. 1, p. 19-30, 2006. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/869/768>. Acesso em: 23 ago. 2017.

CONAMA. Resolução n. 020/1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=43>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

CONAMA. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

CRF-PR. *Gerenciamento de Resíduos e efluentes na Indústria de Cosméticos*, Julho de 2015. Disponível em: <http://crf-pr.org.br/uploads/comissao/6300/gerenciamento_de_residuos_e_efluentes_na_industria_de_Cosmeticos.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2017.

DINO. *Segundo Euromonitor, cosméticos masculinos renderam US\$ 5 bi*. 20 out 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/segundo-euromonitor-cosmeticos-masculinos-renderam-us-5-bi-shtml/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

GRANERO, Arlete Eni Granero; ALBUQUERQUE, Letícia Gera Gouvêa de. O mercado de luxo: composto de *marketing* e crescimento no Brasil. *REC: Revista Eletrônica de Comunicação* - © Uni-FACEF 2007. ed. 03, p. 1-11, jan./jun. 2007. Disponível em: <http://legacy.unifacef.com.br/rec/ed03/ed03_art01.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

JESUS, K. A. *Estudo cinético e do equilíbrio da biossorção dos íons chumbo e cobre pela macroalga*

Sargassum sp. em sistemas monocomponente e binário. 2010. 95 f. Dissertação (Mestre Engenharia Química) - Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

KIRKLAND, D. J. et al. Testing strategies in mutagenicity and genetic toxicology: An appraisal of the guidelines of the European Scientific Committee for Cosmetics and Non-Food Products for the evaluation of hair dyes. *Mutation Research*, [S. l.], v. 588, p. 88-105, 2005. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/16326131/>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

LACRIMANTE, Carolyn Alves; RIBEIRO NETO, Luciane Maria. Aspectos toxicológicos em cosmetologia, in: *III Simpósio de Ciências Farmacêuticas*. Centro Universitário São Camilo, 23 a 25 out. 2014.

MARCHETTI, Tatiane. *Tratamento, de efluente líquido da indústria de cosméticos com sulfato de alumínio*. 2010. 20 f. Artigo (Graduação em Engenharia Química) - Curso de Engenharia Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2010.

MELO, Elias Dias de. *Avaliação e identificação da toxicidade de efluentes líquidos de uma indústria de cosméticos*. 2012. 99 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

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. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/429>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

PIETROBELLI, J. M. T. A. *Avaliação do potencial de biossorção dos íons Cd (II), Cu (II) e Zn (II) pela macrófita Egeria Densa*. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de engenharias e ciências exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo 2007. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp044999.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

PINO, G. A. H. *Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (Cocos nucifera)*. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=7596@1>. Acesso em: 23 dez. 2016.

SEOLATTO, A. A. *Biossorção de cromo e níquel por biomassa da alga marinha Sargassum filipendula*. 2005. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp078728.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

VAGHETTI, J. C. P. *Utilização de biossorventes para remediação de efluentes aquosos contaminados com íons metálicos*. 2007. 78 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/17482?locale=pt_BR>. Acesso em: 23 dez. 2016.

VIANA, Vanessa. *Caracterização de efluentes líquido de uma indústria no setor de produção de cosméticos*, 2013. 24 f. Artigo (Graduação em Química) – Instituto de Química do Unilasalle Daniele Wielicko. Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Monitoramento da broca-do-café (*Hypothenemus Hampei*) com o uso de diferentes armadilhas contendo semioquímicos

Monitoring the coffee drill (Hypothenemus hampei) with the use of different semi-chemical containers

André Luís Caixeta de Oliveira

Graduando em Agronomia do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.
e-mail: luis.caixeta@outlook.com

Walter Vieira da Cunha

Professor do curso Agronomia do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.
e-mail: walter@unipam.edu.br

Resumo: A broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) se caracteriza como sendo uma das principais pragas da cafeicultura mundial, manifestando-se em todos os países produtores da cultura. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência de diferentes modelos de armadilhas contendo atrativos para o monitoramento da *H. hampei* na região do Alto Paranaíba. Foram realizadas quatro coletas no período de junho a julho de 2016. O material coletado foi encaminhado para o Laboratório de Genética e Biotecnologia – GENEb, onde as análises de identificação e contagem demonstraram que não houve diferença significativa na quantidade de insetos capturados entre os modelos de armadilhas testadas.

Palavras-chave: *Coffea spp.* Infestação. Praga.

Abstract: The coffee borer (*Hypothenemus hampei*) is characterized as being one of the main plagues of coffee cultivation worldwide, manifesting itself in all the countries producing the crop. The objective of this research was to evaluate the efficiency of different trapping models containing traps for *H. hampei* monitoring in the Alto Paranaíba region. Four collections were carried out from June to July 2016. The collected material was sent to the Laboratory of Genetics and Biotechnology - GENEb. The identification and counting analyzes showed that there was no significant difference in the number of insects caught between the traps models tested.

Keywords: *Coffea spp.*; infestation, pest.

Introdução

A cafeicultura ocupa um espaço de importância em nível internacional, impulsionando a receita gerada no setor cambial dos países produtores, como formador de empregos e renda, o que lhe garante incalculável função social. De acordo com a CONAB

(2016), a produção brasileira na safra 2016 deverá atingir 51,94 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado, representando um acréscimo de 13,6% em relação ao ciclo anterior.

Dentre as pragas que acometem o café (*Coffea sp.*), a broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari - 1867) (Coleoptera: Scolytidae) é uma das pragas que provocam maiores prejuízos à cafeicultura, pois, atacando os frutos, afeta diretamente a produção (FERREIRA *et al.*, 2003). Segundo Laurentino e Costa (2004), dentre as principais depreciações causadas por seu ataque, destacam-se a perda de peso do café beneficiado; a perda da qualidade; a queda prematura de frutos quando perfurados; o apodrecimento de sementes em frutos broqueados; e a inviabilidade de produção de sementes de café, uma vez que os frutos broqueados são descartados.

O gerenciamento de armadilhas com atrativos é uma forma de controlar pragas, popularizado já há alguns anos. Como benefício ele oferece uma redução no tempo de avaliação da praga, na aplicação de inseticidas e no custo de produção, consequentemente. Suas aplicações na agricultura têm sido utilizadas desde antes do lançamento do primeiro inseticida sintético na década de 40 (DUFUOR, 2007).

O uso de armadilhas associadas com ferramentas de geoprocessamento pode resultar em mapas de infestação contribuindo para o controle localizado da praga, reduzindo o gasto com inseticida e mão de obra, possibilitando a pulverização ou eliminação somente daquelas plantas mais infestadas ao redor das armadilhas que coletar um grande número de brocas (MATHIEU *et al.*, 1999; CÁRDENAS, 2000).

Dessa forma, a proposta de agregar resultados a esse contexto é válida, uma vez que a principal forma de manejo se baseia no controle químico, sendo necessária a implantação de técnicas sustentáveis como, por exemplo, o uso de garrafas pet para a confecção de armadilhas.

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de diferentes modelos de armadilhas para o monitoramento da broca-do-café na região do Alto Paranaíba.

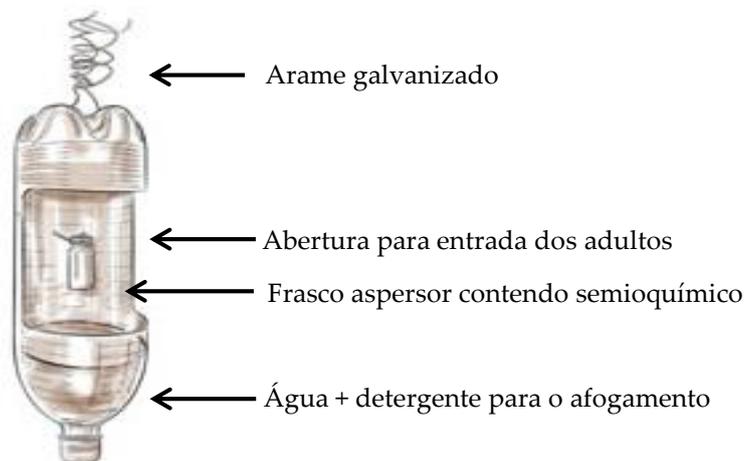
Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Patos de Minas, na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais (MG), na propriedade comercial denominada Fazenda São Lourenço no período de 21/junho a 11/julho de 2016. A lavoura constituída pela linhagem IAC 99 da variedade Catuaí Vermelho, foi implantada com espaçamento de 1m entre plantas e 4m entre linhas totalizando 2.500 plantas por hectare. O estágio dos frutos foi caracterizado como verdes, maturados e passa/secos. Foi demarcado um talhão constituído de 800m², no qual foi implantado a tratos normais de cultivo.

O ensaio foi composto de 4 tratamentos com 5 repetições cada, instalados em delineamento em blocos casualizados (DBC). As armadilhas foram implantadas a 8m distanciados da borda, onde cada linha representou a repetição de um tratamento. Para a amostragem de adultos da broca-do-café foram usadas armadilhas confeccionadas com garrafas transparentes de 2 litros de mesmo modelo e formato, porém, com aberturas distintas. Para a formulação do atrativo utilizado em todos os modelos, foram preparadas soluções de 500 ml de metanol comercial, 500 ml de álcool de cozinha e 10 g de café

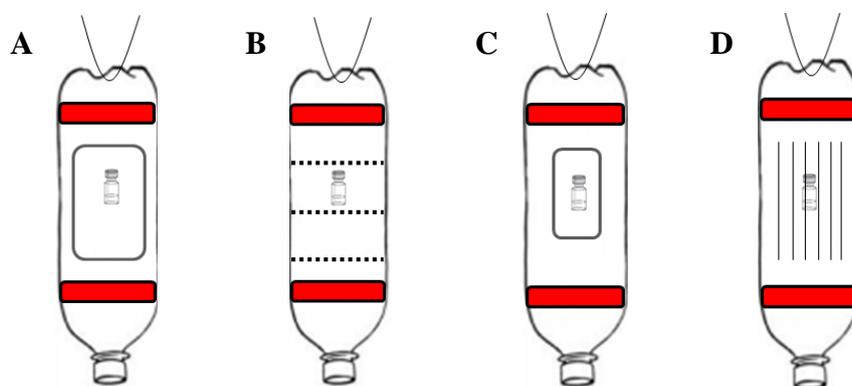
puro torrado e moído, colocando-se em cada frasco difusor 10 ml da mistura. Na base da armadilha foram colocados 200 ml de água e 1 ml de detergente líquido para o afogamento das brocas. Os modelos de armadilha foram adaptados de Villacorta *et al*, 2001 (Figura 1).

Figura 1. Modelo IAPAR proposto por Villacorta *et al.* (2001).



No modelo A (Figura 2A), a abertura foi baseada no molde (12x18 cm), que foi colocado sobre a garrafa a 13 cm a partir da tampa e recortando-se o espaço delimitado. No modelo B (Figura 2B) foram feitas três circunferências com orifícios de 1 mm de diâmetro e espaçamento de 1 cm entre os furos, sendo localizados a 16 cm e 22 cm a partir da tampa. No modelo C (Figura 2C) foi realizada uma abertura posicionada a 13 cm a partir da tampa com molde retangular de 6x18 cm. No modelo D (Figura 2D), foram feitos 6 filetes de 12 cm de comprimento e de 1 mm de largura espaçados de 2 cm distanciados a 13 cm da tampa. Em todas as armadilhas foi fixada numa altura de 10 cm a partir da tampa e também na parte inferior, uma fita vermelha de 3 cm de largura envolvendo todo o pet.

Figura 2. Modelos de armadilhas utilizadas



O monitoramento foi realizado a cada seis dias, e os conteúdos das armadilhas foram coletados em 4 avaliações e conduzidos ao Laboratório de Genética e Biotecnologia (GENEB) pertencente ao Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Fez-se identificação e contagem das brocas capturadas. A reposição do líquido do difusor foi realizada sempre que atingiu a metade do recipiente, enquanto que o líquido de afogamento foi repostado a cada coleta de insetos.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, sendo os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste F a 5%. Os dados foram transformados em raiz ($x + 0,5$) para que pudessem ser avaliados pela análise de variância.

Resultados e discussão

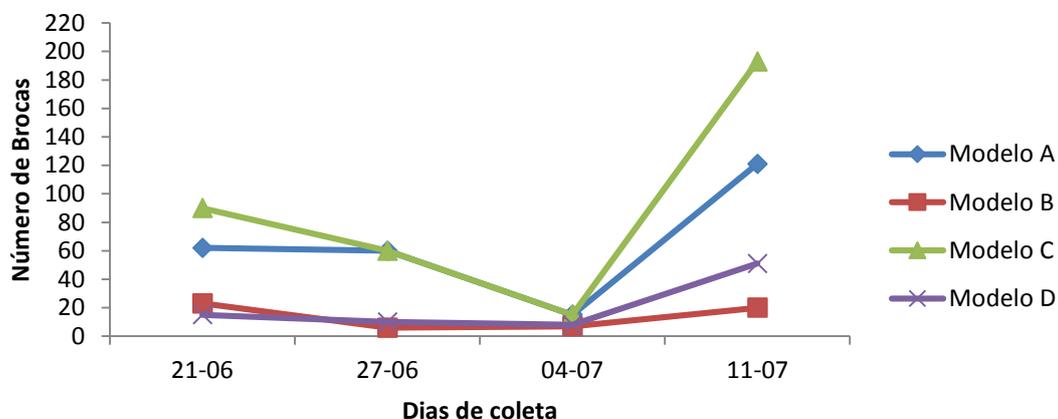
Com base nos resultados, observou-se que as armadilhas foram eficientes na captura de adultos de *H. hampei* com quantidades que variaram de acordo com o modelo de abertura utilizado (Figura 2). As coletas realizadas em quatro datas a partir de 21/junho revelam que havia uma incidência significativa no início da montagem das armadilhas, o que foi mantido parcialmente na avaliação seguinte. Entretanto, houve uma queda significativa em todos os tratamentos na terceira coleta. De acordo com Fernandes *et al.* (2014), as densidades observadas nas diferentes épocas de captura podem estar relacionadas a diversos fatores, como os bioecológicos da broca, os climáticos e os fenológicos da cultura. Na quarta coleta registrou-se um aumento no número de insetos, possivelmente devido à aproximação do início do período de colheita, em que as brocas sofrem o processo de diapausa, migrando para outras áreas de maior disponibilidade de recursos (LEATHER, 1990).

O número total de insetos capturados foi de 756, dados que se assemelham ao trabalho realizado por Morales, Demoner e Passos (2014). Segundo os autores, os insetos dispersos na área são capturados logo no início do armadilhamento, e os novos picos coincidem provavelmente com a emergência de novas gerações.

Os dados obtidos na pesquisa conferem com os resultados propostos por Pereira (2006), que verificou uma redução na quantidade de insetos capturados no período de março a julho devido ao processo de colonização dos frutos pelas fêmeas de *H. Hampei* que ainda estava acontecendo. Segundo o autor, o monitoramento da broca-do-café com o uso de armadilhas deve ser administrado a partir de julho ou agosto, período no qual se inicia a busca por frutos remanescentes resultantes da colheita, resultado das primeiras chuvas e do aumento de temperatura. Em seu trabalho, o autor obteve seu pico de captura em outubro registrando 9000 brocas/armadilha, resultando em 100% de infestação dos frutos.

Para detectar o momento certo do início de um controle imediato e eficiente, recomenda-se associar o número de insetos capturados ao valor da saca beneficiada. Quando o preço estiver alto e a média de captura se igualar a 4 brocas/armadilha/quinzena, indica-se intervenção. Com a redução do preço, esse valor passa a ser considerado 7 brocas/armadilha/quinzena (PEREIRA, 2006). Como as coletas realizadas superaram os índices propostos pelo autor, a infestação do inseto poderá ocasionar danos econômicos expressivos na propriedade em questão.

Figura 3. Número de adultos da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) capturados por modelo de armadilha em função dos dias de coleta. Não houve diferença significativa entre os modelos de armadilha pelo teste F a 5%.



Conclusão

Não houve diferença significativa na quantidade de insetos capturados entre os modelos de armadilhas testadas.

Referências

CÁRDENAS, R. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), in: *Memorias XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*, San José, Costa Rica, p. 369-379. 2000.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. *Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Safra 2015, Primeiro Levantamento*, Brasília, pp. 1-41, 2015.

DUFOUR, B. P. Condiciones de uso de las trampas en el control de la broca del café, in: *Manejo da Broca-do-Café Workshop Internacional, 2007, Londrina (PR). Condiciones de uso de las trampas em el control de la broca del café*. Londrina: IAPAR, 28 nov. a 2 dez., p. 85-94, 2007.

FERREIRA, A. J.; MIRANDA, J. C.; BUENO, V. H. P.; ECOLE, C. C.; CARVALHO, G. A. Bioecologia da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), no agroecossistema cafeeiro do cerrado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 27(2): 422-431, mar./abr., 2003.

FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; SILVA, R. S.; SILVA, I. W.; FERNANDES, M. E. S.; RIBEIRO, L. H.

Controle massal da broca-do-café com armadilhas de garrafa Pet vermelha em cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 49(8):587-594, ago. 2014.

LAURENTINO, E.; COSTA, J. N. M. Descrição e caracterização biológica da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) no Estado de Rondônia. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Rondônia*, ed. 1, p. 7-15, mar. 2004.

LEATHER, S.R. Life history traits of insect herbivores in relation to host quality, in: BERNAYS, E.A. (ed.). *Insect plant interactions*. Florida: CRC Press, p. 175-207. 1990.

MATHIEU, F.; BRUN, L.O.; FRÉROT, B.; SUCKLING, D. & FRAMPTON, C. 1999. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol.*, Blackwell Wissenschafts- Verlag, Berlin n. 123, p. 535-540. 1999.

MORALES, L.; DEMONER, C. A.; PASSOS, V. J. de. *Efeito de captura de broca-do-café, em armadilhas com semioquímicos, no percentual de frutos brocados*. Cornélio Procópio: Emater, Paraná, 2014, 18 p. (Comunicado Técnico, 202).

PEREIRA, A. E. *Uso de armadilha visando geração de nível de ação e correlação entre captura e infestação de *Hypothenemus hampei* na cultura do café*. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

VILLACORTA, A.; POSSAGNOLO, A. F.; SILVA, R. Z.; RODRIGUES, P. S. Um modelo de armadilha com semioquímicos para o manejo integrado da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no Paraná, in: *II Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2001, Vitória (ES)*. Anais... Brasília: Embrapa Café, p. 2093-2098. 2001.

Uso da energia fotovoltaica em detrimento da hidroeletricidade em edificações residenciais no estado de Minas Gerais: viabilidade econômica

Use of photovoltaic energy to the detriment of hydroelectricity in residential edifications in the state of Minas Gerais: economic viability

Rodrigo Araújo Moraes

Graduando em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário de Patos de Minas.
e-mail: rodrigoaraujomoraes@hotmail.com

Fábio de Brito Gontijo

Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Patos de Minas.
e-mail: fabiobg@unipam.edu.br

Resumo: A crise hídrica vivida no Brasil em 2014 colocou em pauta assuntos como a viabilidade da hidroeletricidade, sendo esta a principal fonte energética da matriz brasileira e considerada uma fonte inesgotável de energia. Por conseguinte, fontes alternativas de energia são objetos de pesquisa cada dia mais importantes. Todo o território brasileiro apresenta ótimas condições climáticas para a implantação do sistema de geração elétrica utilizando a radiação solar. Por tais condicionantes pode-se argumentar que nas próximas décadas o sistema fotovoltaico poderá apresentar uma percentagem significativa na matriz energética nacional, acarretando a longo prazo um aumento de externalidades positivas para a sociedade como um todo. Sendo assim, este trabalho aborda o uso da energia fotovoltaica e sua viabilidade econômica em edificações residenciais no estado de Minas Gerais, considerando desde a evolução das tecnologias de fabricação dos componentes, até a instalação e o preço final para o consumidor residencial. Para tal, utilizaram-se pesquisas qualitativas, quantitativas, bibliográficas e de estudo de campo, em que foram consultados livros e manuais escritos por entidades governamentais e pesquisadores renomados acerca do assunto abordado. Dimensionou-se um sistema fotovoltaico com base nos dados encontrados, sendo o investimento total de aproximadamente de R\$14.000,00. Concluiu-se que a implantação de um sistema fotovoltaico em residências unifamiliares é um investimento economicamente viável a longo prazo, pois o tempo de retorno é de aproximadamente 12 a 13 anos, podendo o consumidor obter benefício real em 12 anos.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Economia. Análise Energética.

Abstract: The water crisis experienced in Brazil in 2014 has been considered as a viability of hydroelectricity, being this one main energy source of the Brazilian matrix and considered an inexhaustible source of energy. Therefore, alternative sources of energy are increasingly important research objects. The whole Brazilian territory presents excellent climatic conditions for an implantation of the electric generation system using solar radiation. For such conditions it can be argued that the seasonalities of the photovoltaic system may present a significant percentage in

the national energy matrix, causing at long term an increase positive externalities for a society as a whole. Therefore, this work deals with the use of photovoltaic energy and its economic feasibility in residential buildings in the state of Minas Gerais, considering the evolution of the components' manufacturing technologies, the installation and final price for the residential consumer. For this, qualitative, quantitative, bibliographical and field study were used, in which books and manuals written by governmental entities and renowned researchers were consulted on the subject addressed. A photovoltaic system was dimensioned based on the data found, with a total investment of approximately R\$ 14,000.00. It was concluded that the implantation of a photovoltaic system in single-family homes is an economically viable investment in the long term, for a return time of approximately 12 years.

Keywords: Photovoltaic energy. Economy. Energy Analysis.

1. Introdução

Desde a origem da humanidade, com a descoberta do fogo, sabe-se que fontes de energia são de extrema importância para a subsistência do ser humano, tanto para sua alimentação quanto para a garantia do aquecimento nas épocas de frio. A Revolução Industrial, ocorrida no final do século XVIII, foi um marco histórico em relação à utilização de novas fontes de energia no setor tecnológico e industrial, com o uso do vapor de água e de carvão (HOBBSAWM, 2004). Desde então, diversas fontes de energia foram desenvolvidas e estão disponíveis, como a eólica, a nuclear, a fotovoltaica, a hidroelétrica e diversas outras, que foram sendo criadas e aprimoradas ao longo do século por diversos pesquisadores.

A principal fonte geradora de energia elétrica no Brasil são as usinas hidroelétricas, devido principalmente às condições climatológicas e botânicas do país, bem como a suas condições de relevo, que em sua maioria são planálticas e às condições do clima tropical, que propiciam chuvas durante todo o ano, favorecendo o acúmulo de um grande volume de água. Tendo o custo-benefício extremamente positivo, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2015), 62,5% da energia elétrica disponível no Brasil é oriunda de grandes usinas hidroelétricas.

A crise hídrica, vivida no Brasil em 2014, principalmente no estado de São Paulo, coloca em pauta assuntos como a viabilidade da hidroeletricidade, a qual era considerada uma fonte inesgotável de energia. Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2009), o Brasil tem 12% de toda a água doce do planeta, mas ainda assim o país vivencia uma grande crise hídrica nos últimos anos. O índice pluviométrico mensal do Sistema Cantareira reduziu cerca de 38% em relação à média pluviométrica histórica, no período de maio de 2014 a janeiro de 2015 (SABESP, 2015). A associação desse fato às perdas de água por vazamentos é de até 34%, desde a retirada da represa até a disposição ao cliente (SABESP, 2008), causando uma drástica redução dos volumes dos reservatórios, e fazendo com que grandes cidades do estado de São Paulo já sofram com a escassez de água. O estado de Minas Gerais, apesar de ter sido menos afetado pela crise hídrica, também está em estado de alarme, pois no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2015, o volume dos reservatórios do sistema do Paraopeba reduziu 60,67% (COPASA, 2015).

Em países desenvolvidos os investimentos em energia são feitos em diversos tipos de usinas, propriamente para evitar crises quando um modelo de geração apresenta problemas. A Alemanha, sendo um país modelo em sustentabilidade, obtém 22,8% da energia elétrica a partir de fontes renováveis, excluindo-se a hidroeletricidade (AGEB, 2014). Entretanto, mesmo o Brasil sendo um dos países com maior potencial em energias sustentáveis do mundo, esse percentual é de apenas 12,58% (ANEEL, 2015a).

Dito isso, fontes renováveis de energia são objetos de pesquisas cada dia mais importantes. As energias eólica, solar, marítima, geotérmica e biomassa têm como suas principais características o fato de serem praticamente inesgotáveis e consideradas energias limpas, pois não geram poluentes como subprodutos de geração energética (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Todo território brasileiro apresenta ótimas condições climáticas para a implantação do sistema de geração de energia elétrica utilizando a radiação solar. Devido à crise hídrica, provavelmente em breve o governo realizará campanhas de incentivo para a utilização de fontes de energias alternativas, sendo a energia solar uma fonte gratuita e praticamente inesgotável, mas ainda com preços relativamente altos quando se trata de painéis fotovoltaicos, inversores de frequência e outros equipamentos necessários para a montagem de um sistema fotovoltaico.

Segundo a ANEEL (2005), a conversão da energia solar em energia elétrica ocorre através dos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais semicondutores¹, que têm esta denominação por conduzirem eletricidade de maneira menos efetiva que os condutores², porém mais efetiva que os isolantes³. O material semicondutor mais utilizado para a produção de energia fotovoltaica é o silício, devido à sua abundância no planeta.

A energia fotovoltaica, quando comparada à energia hidroelétrica, é considerada de extrema eficácia, pois é gerada pela radiação solar, que é praticamente inesgotável, assim como fontes de luz. Segundo o INPE (2006, p. 31),

os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro (4200-6700 kWh/m²) são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha (900-1250 kWh/m²) e França (900-1650kWh/m²).

Em 2012 a ANEEL sancionou a Resolução Normativa 482 de 17/04/2012 (ANEEL, 2012), a qual estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas no sistema de distribuição de energia elétrica e no sistema de compensação

¹ Materiais semicondutores são aqueles que, à temperatura de zero Kelvin, não conduzem eletricidade, porém à medida que sua temperatura aumenta, os elétrons da camada de valência absorvem energia passando para a banda de condução, assim permitindo que as cargas elétricas se desloquem, conduzindo eletricidade, caso sejam expostos a uma diferença de potencial (ZEGHBROECK, 2011, tradução dos autores)

² Materiais Condutores são aqueles nos quais as cargas elétricas se deslocam de maneira relativamente livre (HALLIDAY, 2003).

³ Materiais isolantes são materiais cujas cargas elétricas não conseguem se mover livremente. (HALLIDAY, 2003)

de energia elétrica, o que permite que clientes residenciais, comerciais e empresariais instalem painéis fotovoltaicos e deduzam essa microgeração de suas contas de energia, podendo também fornecer para a concessionária a energia que não for utilizada. Tais incentivos governamentais são fortes estímulos para o desenvolvimento de pesquisas para reduzir os custos de produção de equipamentos.

Neste contexto este trabalho tem como principal premissa avaliar a viabilidade econômica do uso de sistemas fotovoltaicos em Minas Gerais em detrimento da hidroeletricidade. Para tanto, o objetivo específico deste trabalho é verificar a viabilidade do uso residencial do sistema, analisando o custo de implantação no estado de Minas Gerais e o tempo de retorno.

2. Referencial teórico

Nesta sessão serão apresentados os principais autores que balizaram a temática abordada e escreveram sobre conceitos da energia fotovoltaica, dados solarimétricos, rendimento de diversos materiais empregados e equipamentos necessários para a instalação de um sistema fotovoltaico residencial.

2.1. A energia elétrica

Definir energia isoladamente não é usual mesmo para os grandes autores das literaturas da física, visto que a energia está ligada macroscopicamente e microscopicamente a todos os constituintes que exercem influência sobre o sistema (uma parte do universo que está em consideração), englobando também os princípios do trabalho e da termodinâmica. Nesse sentido, segundo a obra de Serway e Jewett Jr. (2012, p. 179), “a energia está presente no universo de várias formas. Todo processo físico no universo envolve energia e transferências ou transformações de energia. Assim, energia é um conceito extremamente importante para ser compreendido”.

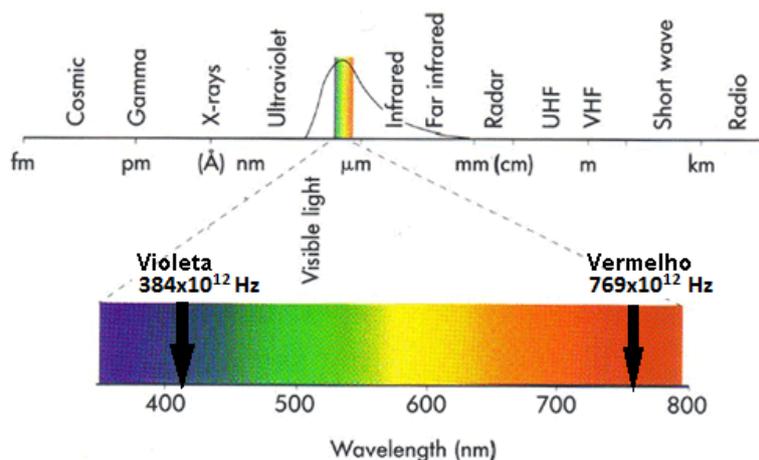
Em consonância com o proposto por Serway e Jewett Jr., Young e Freedman (2008, p. 181) afirmam que “a energia é uma grandeza que pode ser convertida de uma forma para outra, mas que não pode ser criada nem destruída”. Esta definição nos leva ao princípio da conservação de energia, que nos diz que em um sistema a energia sempre se mantém constante, apenas sendo convertida em outras formas. Em 1872, Maxwell propôs uma definição que abrange as energias de um modo geral, dizendo que energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança.

Nesse sentido, podem-se definir quatro formas básicas de energia, que podem se manifestar nos mais diversos tipos de sistemas: a cinética, a potencial, a da massa (energia de repouso) e a dos campos gravitacional e eletromagnético (SOLBES; TARÍN, 1998). Novas denominações como energia química, energia elétrica, energia mecânica, entre outras, não devem ser entendidas como novas formas de energia, mas sim como manifestações das quatro formas básicas em sistemas diferentes (BUCUSSI, 2006).

A conversão da energia cinética do movimento dos elétrons nas células fotovol-

taicas em uma corrente elétrica ocorre através da passagem dos elétrons de um semicondutor ao outro após receberem a radiação do espectro de luz visível, que, segundo Thomé (2003), é a porção do espectro eletromagnético (Figura 1) cujo comprimento de onda da radiação é capaz de sensibilizar o olho humano e também as células fotovoltaicas, sendo este processo denominado como Efeito Fotovoltaico.

Figura 1. Comprimento de ondas



Fonte: OLIVEIRA (2013). Adaptada pelos autores.

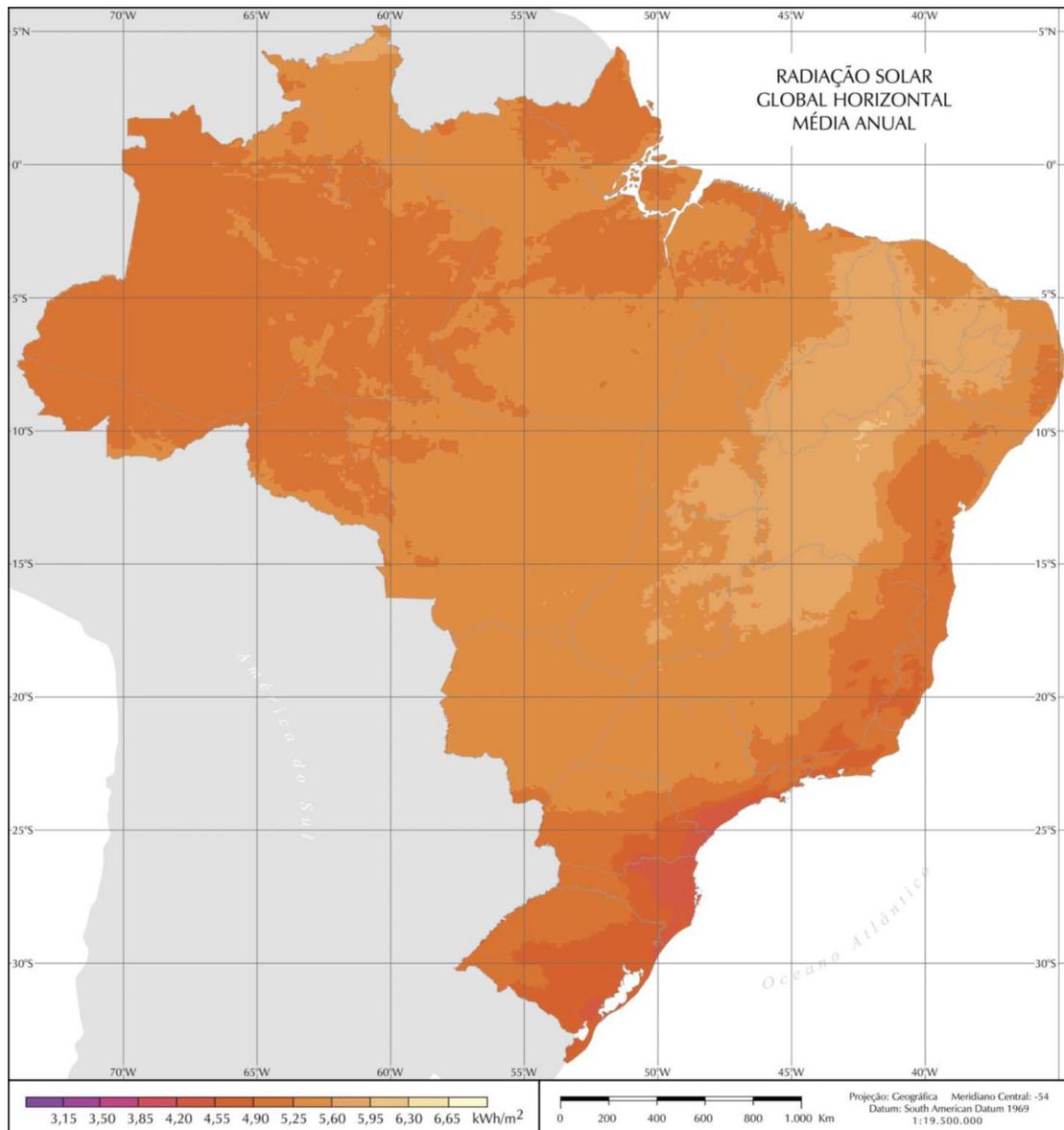
Conforme mostrado na Figura 1, o comprimento de onda que sensibiliza tanto o olho humano quanto as células fotovoltaicas começa na frequência de 384×10^{12} Hz (cor violeta), e vai até a frequência aproximada de 769×10^{12} Hz (cor vermelha).

2.2. O sol como fonte de energia

O sol, que é a base da vida na Terra e nossa principal fonte de calor, também pode ser usado como fonte de energia. Conhecer a radiação solar que incide na terra é de fundamental importância em diversas atividades humanas como na agricultura, nos estudos climatológicos, entre diversas outras. O aproveitamento da energia solar de forma funcional é altamente viável, pois segundo o INPE (2006, p.31),

[...] a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, com médias anuais relativamente altas em todo país. O valor máximo de irradiação global – $6,5 \text{ kWh/m}^2$ – ocorre no norte do estado da Bahia, [...]. A menor irradiação solar global – $4,25 \text{ kWh/m}^2$ – ocorre no litoral norte de Santa Catarina [...].

Desta maneira, percebe-se que o Brasil é um país com ótimas condições para a captação e aproveitamento da radiação emitida pelo sol, como pode ser observado no mapa solarimétrico da Figura 2.

Figura 2. Radiação solar global horizontal – média anual

Fonte: INPE (2006)

Pode-se observar na Figura 2 que a região onde ocorrem maiores níveis de radiação global durante todo o ano é a região Norte e Nordeste, e menores índices na região Sul e Sudeste. A radiação no estado de Minas Gerais, foco do presente estudo, pode ser comparada à da região Nordeste. Além disso, um fator que interfere diretamente na eficiência do sistema fotovoltaico é a temperatura, sendo as temperaturas amenas propícias para seu maior desempenho. Minas Gerais além de apresentar níveis de radiação comparados a região Nordeste, apresenta uma temperatura média inferior à da região Nordeste, e por conseguinte, é um estado com grande potencial de geração de energia solar.

2.3. Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade através do Efeito Fotovoltaico (melhor explicado no item 2.4), sendo a célula fotovoltaica um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (CRESESB, 2014).

2.3.1. Histórico da energia fotovoltaica no mundo

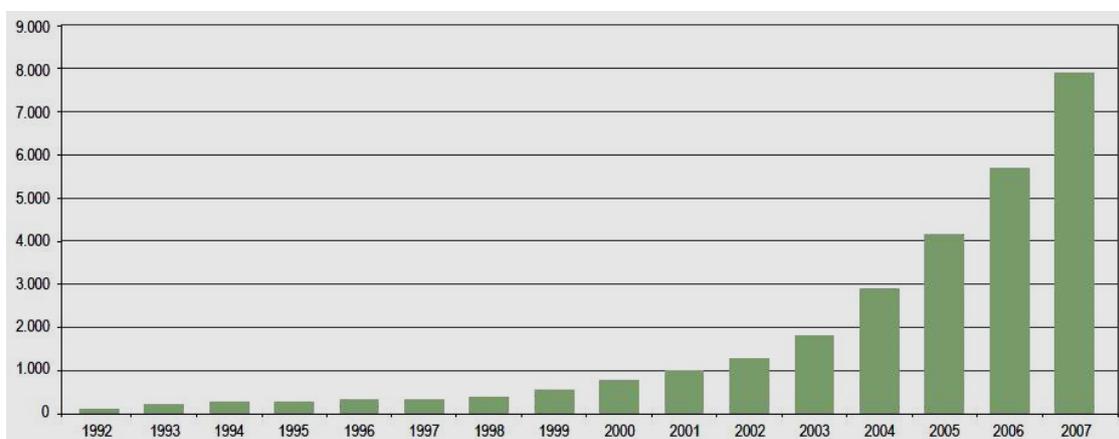
A energia fotovoltaica é uma fonte de energia relativamente nova. Segundo Varella e Brito (2008), em consonância com CRESESB, o efeito fotovoltaico pôde ser observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel, que verificou que placas de platina ou prata, mergulhadas em um eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz. Apenas em 1954 foi apresentada a primeira célula solar moderna, iniciando-se o processo industrial, com apenas dois centímetros quadrados de área e uma eficiência de 6%, gerando 5 mW de potência elétrica.

A princípio, o desenvolvimento da tecnologia teve como principal sustentáculo as empresas do ramo de telecomunicações, tendo como o maior estimulante a chamada “corrida espacial”. Segundo o CRESESB (2014, p. 52),

a célula fotovoltaica era, e continua sendo, o meio mais adequado (menor custo, peso e segurança) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de alimentação de equipamentos eletroeletrônicos no espaço.

Desde então, tal tecnologia cresceu de forma constante ao longo dos anos. No Gráfico 1 pode-se observar a evolução da potência solar instalada no mundo entre 1992 a 2007.

Gráfico 1. Crescimento da geração de potência instalada de células fotovoltaicas no mundo (MW)



Fonte: ANEEL (2008)

Nesse contexto, segundo a ANEEL (2008, p. 82),

a participação da energia solar é pouco expressiva na matriz mundial. Ainda assim, ela aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006. Em 2007, a potência total instalada atingiu 7,8 mil MW, conforme estudo do *Photovoltaic Power Systems Programme*, da IEA. Para se ter uma ideia, ela corresponde a pouco mais de 50% da capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW.

Com o grande crescimento da utilização da energia fotovoltaica, podemos prever que em um futuro próximo seu percentual de utilização será expressivo na matriz energética mundial, o que impulsionará o crescimento da utilização deste tipo de energia também na matriz brasileira.

2.3.2. Histórico da energia fotovoltaica no Brasil

Um grande incentivo para o desenvolvimento e implantação do sistema fotovoltaico no Brasil foi a crise do petróleo na década de 70, quando o mundo percebeu que os combustíveis fósseis eram finitos. A partir de então, grandes incentivos para a implantação e desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos foram realizados, principalmente para uso residencial e comercial, em aplicações autônomas e conectadas à rede, já que até a década anterior a maior utilização destes sistemas tinha como finalidade gerar energia elétrica para satélites espaciais (VARELLA; BRITO, 2008). Em consonância, Fraidenraich (2005) e Varella e Brito (2008) afirmam que tal crise impulsionou o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica no Brasil, iniciando, então, naquela época, a comercialização de produtos fotovoltaicos no país.

No Brasil praticamente todos os sistemas em operação não são conectados à rede, segundo o Greenpeace (2004, p. 7):

atualmente, quase que a totalidade dos sistemas fotovoltaicos em operação no Brasil são isolados ou não conectados à rede, e estima-se que a potência total instalada seja de aproximadamente 15 MWp, dos quais 70% estão localizados nas regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste. Esses sistemas, economicamente viáveis para certas regiões do país, podem ser considerados uma opção real e concreta para a energização de comunidades isoladas sem acesso à rede convencional de distribuição de eletricidade.

Neste sentido, foram criados programas de estímulos do uso da energia fotovoltaica no Brasil, segundo Flanagan e Cunha (2002), com o propósito de abrandar o grande problema da falta de acesso à energia elétrica em diversas regiões do país, e programas envolvendo sistemas de energia fotovoltaica para o uso rural foram criados em consonância com as concessionárias de energia. Entre eles pode-se citar o Programa Luz do Sol, na Região Nordeste; o Programa Luz Solar, em Minas Gerais; e o Programa Luz no Campo, em todo o Brasil.

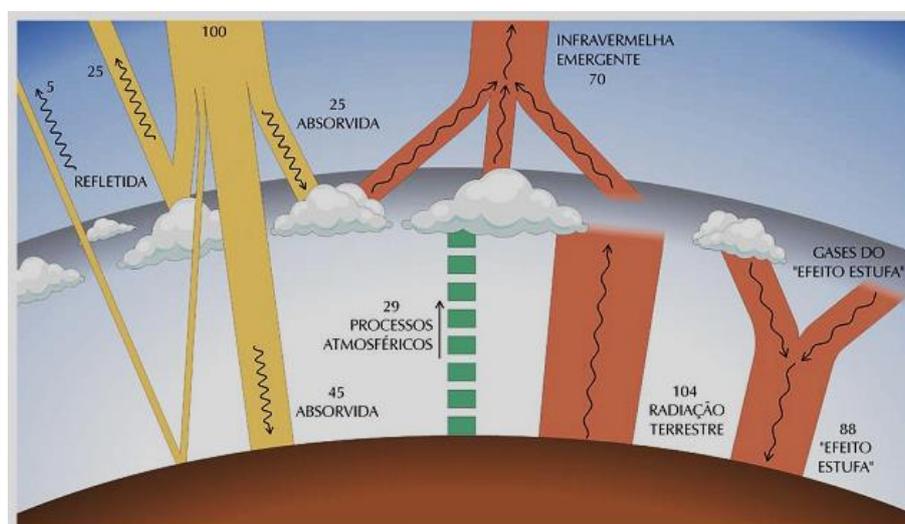
Por conseguinte, em 2012 foi sancionada a resolução normativa 482 da ANEEL, que regulamenta a microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição

de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências, incentivando os consumidores a implantar sistemas fotovoltaicos. Segundo a ABSOLAR (2015), há atualmente no país 960 conexões de micro e minigeração, que totalizam 12 MW. A perspectiva da ANEEL é de que a revisão da resolução 482 no final de 2015 faça o país chegar a até 702 mil conexões e 2,6 GW de capacidade instalada.

2.3.4. Distribuição da radiação solar

A radiação solar global pode ser separada em dois componentes, sendo a direta e a difusa. A radiação solar direta é a radiação que não sofre interferências do meio até a chegada à superfície terrestre. A radiação solar difusa é a parte da radiação global que é espalhada pela camada atmosférica, nuvens, gases aerossóis e partículas de poluentes em suspensão na atmosfera. Quando a radiação solar atinge a Terra, vários fatores atrapalham a absorção. Estima-se que apenas 50% de toda a radiação solar que incidente sobre a Terra chegue à superfície, sendo que a percentagem restante ou é espalhada pelas nuvens, gases atmosféricos e aerossóis, sendo denominada radiação difusa, ou é refletida pela camada atmosférica de volta ao Sol, conforme pode ser visto na Figura 3 (INPE, 2006).

Figura 3. Diagrama simbólico dos processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre

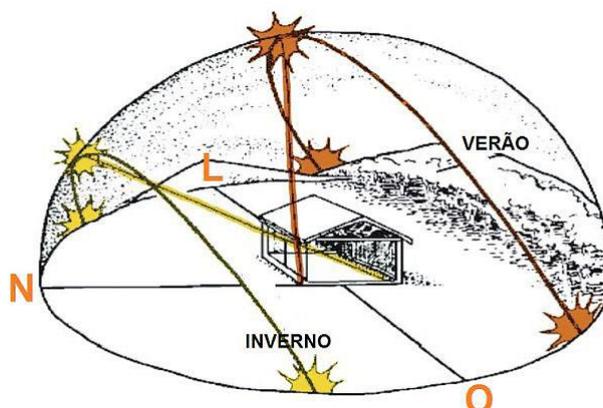


Fonte: INPE (2006)

Ao analisar a Figura 3, pode-se inferir que 25% da radiação solar que atinge a terra é refletida pela atmosfera, sendo 25% absorvida e espalhada pelas nuvens, 5% refletida pela superfície terrestre e 45% é absorvida, vinda da soma da radiação direta e difusa.

Para o projeto proposto, é importante analisar também o valor da radiação no plano inclinado, visto que se o painel fotovoltaico estiver inclinado à latitude do local, este receberá mais radiação direta, conforme pode ser visto na Figura 4.

Figura 4. Movimentação do Sol sobre uma residência



Fonte: Portal Solar (2015)

Como o Sol sempre atinge uma residência brasileira em sua fachada Norte, a disposição do painel fotovoltaico que maximiza a geração de energia é sempre com seu plano virado ao Norte, e de forma perpendicular à incidência de raios solares, pois desta maneira maior radiação direta chegará até a placa.

3. Material e métodos

Para o presente estudo foram realizadas pesquisas qualitativas, quantitativas, bibliográficas e estudo de campo, nas quais foram utilizados livros e manuais escritos por entidades governamentais brasileiras e por pesquisadores renomados acerca do assunto abordado. Com o estudo aprofundado do tema a partir das referências bibliográficas, foram coletados os dados de radiação solar incidentes no estado de Minas Gerais e informações sobre os equipamentos necessários para a instalação do sistema fotovoltaico residencial.

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, utilizaram-se dados de radiação incidentes no estado de Minas Gerais e a média de consumo energético residencial. Posteriormente, tais dados foram utilizados para a escolha dos componentes do SFV em lojas especializadas *online*. A partir da escolha dos componentes realizou-se um orçamento que serviu de base para a análise de viabilidade econômica. O estudo da viabilidade foi feito através da análise do tempo de retorno do investimento, que será pago com a economia na conta de energia da concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica no estado de Minas Gerais – CEMIG.

4. Resultados e discussão

Para o dimensionamento do Sistema Fotovoltaico, foram utilizados dados do consumo médio de energia residencial. Os dados necessários para o dimensionamento do SFV são o número de horas de sol pleno por dia (HSP), que para o estado de Minas

Gerais é em média cinco horas, conforme obtido na Figura 9, e a média de kWh fotovoltaico que o sistema deverá gerar, que foi obtida através da análise dos dados encontrados na Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica, publicada pela EPE: “em 2014, o consumo médio de um domicílio brasileiro alcançou a marca de 167 kWh/mês, representando um avanço de 2,6% sobre o valor registrado em 2013 - valor superior à média histórica (cerca de 2%)” (EPE, 2015, p.3).

A CEMIG cobra do consumidor no mínimo o equivalente a 50 kWh/mês para sistemas bifásicos, sendo este valor consumido ou não. Por este motivo, os 50 kWh/mês serão subtraídos da geração fotovoltaica. Neste sentido, o sistema fotovoltaico que será instalado deverá gerar 117 kWh por mês.

Os cálculos utilizados para o dimensionamento do SFV são detalhados a seguir, conforme as equações 2 e 3 (VILLALVA; GAZZOLI, 2012).

$$CMD = \frac{CMM}{30 \text{ dias}} = \frac{117}{30 \text{ dias}} = 3,9 \text{ kWh/dia} \quad (2)$$

Onde:

CMD = Consumo médio diário (kWh/dia)

CMM = Consumo médio mensal (kWh/mês)

$$EMGD = \frac{CMD}{HSP * Cp} = \frac{3,9 \text{ kWh/dia}}{\frac{5h}{\text{dia}} * 0,8} = 0,975 \text{ kWh} \quad (3)$$

Onde:

EMGD = Energia Média Gerada Diária (kWh)

HSP = Horas de sol pleno por dia (h)

Cp = Coeficiente de perda de rendimento ao longo dos anos

O índice EMGD fornece o parâmetro quantitativo a respeito da potência que deverá ser gerada pelo sistema diariamente para a residência em que será implantado. Neste caso, o sistema deverá prover 0,975 kWh ao longo das cinco horas de sol pleno.

Através destes dados, pode-se fazer a cotação dos itens necessários para a montagem do SFV, que são os painéis fotovoltaicos, inversor *grid-tie*, medidor bidirecional, suportes para fixação, cabeamentos e mão de obra. O levantamento de custos foi feito através da verificação dos preços dos itens em lojas *online* de equipamentos fotovoltaicos. Os itens necessários para a instalação são o módulo fotovoltaico, inversor, medidor bidirecional, suporte, cabeamento e mão de obra, conforme é demonstrado as especificações na Tabela 1.

Tabela 1. Componentes selecionados para a implantação do SFV

Equipamento	Descrição	Unid.	Quant	Potência	Potência Total	Preço Unit	Preço Total
Módulo Fotovoltaico	Yingli YL250P 29b (250Wp)	Uni	4	250 Wp	1000 Wp	R\$ 815,04	R\$ 3.260,16
Inversor	Inversor Grid-tie 1,5KW PHB Solar - PHB1500-SS	Uni	1	1500 W	1500 W	R\$ 4.990,00	R\$ 4.990,00
Medidor Bidirecional	Ecil MD2400-E1	Uni	1			R\$ 800,00	R\$ 800,00
Suporte	Kit de montagem Thesan para telha cerâmica (com ganchos) - 3 painéis fotovoltaicos	Uni	2			R\$ 863,04	R\$ 1.726,08
Cabeamento	Fios de cobre para ligação						R\$ 300,00
Mão de Obra	Mão de obra especializada	Hora	24			R\$ 110,00	R\$ 2.640,00
						Total Geral	R\$ 13.716,24

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Foram necessários quatro painéis fotovoltaicos, fornecendo juntos 1000 Wp, atendendo à residência com cerca de 2,5% a mais que o necessário. O inversor *grid-tie* central suporta até 1500 W de potência, atendendo perfeitamente às solicitações. Foram adotados suportes para seis painéis, prevendo que o sistema possa ser expandido até 1500 Wp. Todos os equipamentos foram selecionados com desempenho superior ao calculado, prevendo-se que no futuro haja um aumento da demanda do sistema. Tendo como base os cálculos realizados, o investimento total é de aproximadamente R\$ 13.716,24. O sistema montado pode ser visto na Figura 5.

Figura 5. Esquema de um sistema fotovoltaico conectado à rede

Fonte: PUCRS (2015).

O sistema proposto conciliará o consumo de eletricidade da concessionária com o sistema fotovoltaico. Como o consumidor ainda será dependente da concessionária, será onerado mensalmente em R\$ 50,85, valor equivalente a 50 kWh/mês, valor já descontado para o dimensionamento do sistema.

Para uma maior precisão da análise econômica da viabilidade do sistema, será considerado um reajuste anual de 5,93%, que foi o reajuste estabelecido pela ANEEL para o consumidor residencial de Minas Gerais no ano de 2015 (ANEEL, 2015c). Tal reajuste será aplicado como a taxa de juros no cálculo do tempo de retorno do investimento.

A Tabela 2 apresenta o desembolso inicial de R\$ R\$ 13.716,24 referente aos componentes e instalação do sistema, o valor de R\$ 220,00 ao ano, a partir do oitavo ano referente à manutenção do sistema, o retorno anual obtido pela economia na conta, e o fluxo de caixa. Foi considerado também o reajuste de 5,93% ao ano como taxa de juros.

Tabela 2. Fluxo de caixa do investimento no SFV

Ano	Investimento	Retorno Anual	Fluxo de Caixa
1	R\$ 13.716,24	R\$ 805,46	R\$ 12.910,78
2	R\$ -	R\$ 853,23	R\$ 12.057,55
3	R\$ -	R\$ 903,82	R\$ 11.153,72
4	R\$ -	R\$ 957,42	R\$ 10.196,30
5	R\$ -	R\$ 1.014,20	R\$ 9.182,11
6	R\$ -	R\$ 1.074,34	R\$ 8.107,77
7	R\$ -	R\$ 1.138,05	R\$ 6.969,72
8	R\$ 220,00	R\$ 1.205,53	R\$ 5.984,19
9	R\$ 220,00	R\$ 1.277,02	R\$ 4.927,17
10	R\$ 220,00	R\$ 1.352,75	R\$ 3.794,42
11	R\$ 220,00	R\$ 1.432,97	R\$ 2.581,45
12	R\$ 220,00	R\$ 1.517,94	R\$ 1.283,51
13	R\$ 220,00	R\$ 1.607,95	-R\$ 104,44

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Pode-se inferir pela análise da Tabela 2 que o retorno do investimento se dá entre os anos 12 e 13. Segundo os fabricantes, a vida útil dos equipamentos é de 25 anos, portanto o benefício econômico real do sistema é de em média 12 anos.

5. Considerações finais

De acordo com a ANEEL (2012), a homologação da resolução normativa nº 482, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, possibilitando também o sistema de compensação, foi um marco brasileiro no que se refere ao uso de energias sustentáveis, principalmente pelo consumidor final, ocasionando a queda dos preços dos componentes do sistema e permitindo possibilidades para que estudos sejam realizados para o desenvolvimento de novas tecnologias. Sendo assim, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede tendem a se tornar um meio promissor de geração de energia sustentável no mercado nacional.

Devido às crises ambientais que o planeta sofre atualmente é necessário cada vez mais que se usem energias limpas, e entre estas pode ser citada a fotovoltaica. Esta energia pode ser gerada no local de seu uso, sendo que a interação entre o silício e a luz solar não produz resíduos. Sendo assim, essa é uma boa alternativa de geração para compensar a alta demanda de energia hídrica na matriz nacional.

Verificou-se que a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede em residências unifamiliares com consumo mensal médio de 167 kWh é um processo economicamente viável. Através da pesquisa deste projeto pode-se destacar que o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 13 anos, podendo o consumidor usufruir do benefício real do sistema durante os 12 anos posteriores, considerando a vida útil dos equipamentos definida pelos fabricantes de aproximadamente 25 anos. O investimento a ser desembolsado no ato da instalação é de R\$ 13.716,24, de acordo com a Tabela 1, valor relativamente alto para o brasileiro, que culturalmente prefere enxergar resultados econômicos em curto prazo.

Este estudo poderá servir de embasamento teórico para que novas pesquisas sejam realizadas nesta temática, como a aceitação da implantação do sistema fotovoltaico pelas diferentes classes sociais, análise dos impactos ambientais relacionados à produção dos equipamentos, pesquisas em instalações comerciais (pequenas, médias e grandes empresas), agrícolas, entre outras.

Referências

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. *Reestruturação da tarifa será alvo de P&D da ANEEL*. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/re-estruturacao-da-tarifa-sera-alvo-de-pd-da-aneel.html>>. Acesso em: 20 set. 2015.

AG Energiebilanzen e. V. *Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern*. Disponível em: <http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20150227_brd_stromerzeugung1990-2014.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2015.

Agência Nacional das Águas. *Fatos e tendências –Água*. Brasília, setembro de 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2015.

Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 2. ed. Brasília: Aneel, 2005.

_____. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008.

_____. *Matriz de Energia Elétrica*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

_____. *Reajuste anual da CEMIG (MG) é aprovado*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8476&id_area=>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

_____. *Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012*. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

BUCUSSI, Alessandro A. *Introdução ao conceito de energia*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n3_Bucussi.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015.

BUENO, Enio Pereira *et al.* *Atlas brasileiro de energia solar*. São José dos Campos: INPE, 2006.

CARNEIRO, Joaquim. *Electromagnetismo B. Módulos fotovoltaicos - Características e associações*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Minho. Braga, 2010. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16961/1/M%C3%B3dulos%20Fotovoltaicos_Caracteristicas%20e%20Associa%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em 04 abr. 2015.

CASTRO, Rui M.G. *Energias renováveis e produção descentralizada*. Introdução à energia fotovoltaica. Edição 0. Universidade de Lisboa: Lisboa, 2002. Disponível em: <http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro, 2014.

_____. *Sistema de geração fotovoltaica*. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=cse_sistema_fotovoltaico>. Acesso em: 25 mar. 2015.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais. *Nível dos Reservatórios do Sistema Paraopeba*. Disponível em: <<http://www.copasatransparente.com.br/index.php/nivel-dos-reservatorios/>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. *Programa de Redução de Perdas de Água e Eficiência Energética*. Disponível em: <http://www.aesabesp.org.br/arquivos/etbs/02-progcorporativodeperdas-ceciliahassegawa_sabesp.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2015.

Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. *Situação dos Mananciais*. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

DEMONTI, Rogers. *Sistema de Co-geração de energia a partir de painéis fotovoltaicos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Instituto de eletrônica de potência da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

Direct Industry. *Pyranometer*. Disponível em: <<http://www.directindustry.com/prod/nrg-systems/pyranometers-61562-1552469.html>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

Empresa de Pesquisa Energética. *Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica*. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Julho%202015.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

FLANAGAN, P.; CUNHA, A. M. U. S. Agency for International Development (USAID). *Trade Guide on Renewable Energy in Brazil*. Outubro de 2002. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.winrock.org/ContentPages/18904417.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2015.

GHERSHMAN, Eduardo. *Historia de la invención del transistor. Estudio de los semiconductores y los mecanismos del transistor*. Disponível em: <http://www.galileog.com/tecnologia/transistor/transistor_1_12_2014.htm#silicio_grado_metalurgico>. Acesso em: 23 set. 2015.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. *Energia e meio ambiente no Brasil*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2015.

GREENPEACE. *Dossiê Energia Positiva Para o Brasil*. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/energia/pdf/dossie_energia_2004.pdf?PHPSESSID>. Acesso em: 08 mar. 2015.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. *Fundamentos de Física*. 8 ed. São Paulo: Editora LTC, 2009, vol. 3.

HOBBSBAWN, Eric J. *A era das revoluções: Europa 1789-1848*. Trad. Maria Tereza Lopes Teixeira e Marcos Penchel. 18 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

Hukseflux Brasil. *Piranômetro*. Disponível em: <http://www.huksefluxbrasil.com.br/produto_servico/open/piranometro/?gclid=CLPIgqy36sQCFejm7AodfzsAvA>. Acesso em: 25 mar. 2015.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. *Programa brasileiro de etiquetagem - Tabela de eficiência energética - Sistema de energia fotovoltaica – Módulos*. Edição 02/2014 Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2015.

_____. *O que é o Inmetro*. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/oque.asp>>. Acesso em: 23 set. 2015.

LandisGyr. *E34A*. Disponível em: <<http://www.landisgyr.com.br/product/e34a/>>. Acesso em: 23 set. 2015.

MARTINS, Geomar M. *Eficientização, gestão e diagnósticos da energia elétrica*. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/desp/geomar/esp1041/Energia.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2015.

MORI, Vânia; SANTOS, Ronaldo Luiz Correa dos; SOBRAL, Luiz Gonzaga Santos. *Metallurgia do silício: processos de obtenção e impactos ambientais*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. *Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2004.

National Aeronautics and Space Administration. *Orbits 'R' Us!* Disponível em: <<http://spaceplace.nasa.gov/geo-orbits/en/>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

NEOSOLAR. *Inversor Fronius Galvo*. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/inversor-fronius-galvo-1-5-1.html>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

OLIVEIRA, Junior. *O que é luz?* Disponível em: <<http://www.junioroliveira-luz.com/blog/2013/02/20/o-que-e-luz/>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. *Energia Solar Fotovoltaica*. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/cbsolar/energia.php>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

Portal Energia. *Energia Fotovoltaica*. Manual sobre tecnologias, projecto e instalação. 2004. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

_____. *Principais tipos de células fotovoltaicas constituintes de painéis solares*. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituintes-de-paineis-solares/>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

Portal Solar. *A melhor direção do painel solar fotovoltaico*. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

PRESENÇO, J. F. *Desenvolvimento de um sistema de controle para avaliação de fontes de energias renováveis no bombeamento de água*. Energia na Agricultura. Tese. (Pós-Graduação Stricto Sensu). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2010.

PRIEB, César. W. M. *Determinação da eficiência de seguimento de máxima potência de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição*. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<ftp://ftp.solar.ufrgs.br/teses/prieb2.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2015.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR, John W. *Princípios de Física. Volume 1: Mecânica Clássica*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais. *Fotografias das estações*. Disponível em: <<http://sonda.ccst.inpe.br/fotos/index.html>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

SMA. *Informação Técnica. Derating de temperatura para Sunny Boy e Sunny Tripower*. Disponível em: <<http://files.sma.de/dl/7418/Temp-Derating-TI-pt-13.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2015.

SOLBES, J.; TARÍN, F. *Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía*. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, 16(3): 387-397, 1998.

THOMÉ, Antonio Carlos Gay. *O espectro eletromagnético*. Disponível em: <http://equipe.nce.ufrj.br/thome/p_grad/nn_img03/transp/c1_introd_v1b.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015.

VILLALVA, M. G.; GAZZOLI, J. R. *Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações. Sistemas Isolados e Conectados à Rede*. São Paulo: Érica, 2012.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. *Física I – Mecânica*. 12 ed. São Paulo: Pearson, 2008.

ZEGHBROECK, Bart Van. *Principles of Electronic Devices*. Disponível em: <http://ecee.colorado.edu/~bart/book/book/chapter2/ch2_3.htm>. Acesso em: 07 mar. 2015.