



Engenharia de Produção: temas e debates

ORGANIZADORES:

Luiz Alberto Pilatti
Antonio Carlos Frasson
Camila Lopes Ferreira
Aldo Braghini Junior
Antonio Augusto de Paula Xavier
Isaura Alberton de Lima

Editora
UTFPR

**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:
TEMAS E DEBATES**



Reitor: Carlos Eduardo Cantarelli. **Vice-Reitor:** Luiz Alberto Pilatti. **Diretora de Gestão da Comunicação:** Noemi Henriqueta Brandão de Perdigão. **Coordenadora da Editora:** Camila Lopes Ferreira.

Conselho Editorial da Editora UTFPR. Titulares: Bertoldo Schneider Junior, Hieda Maria Pagliosa Corona, Hypolito José Kalinowski, Isaura Alberton de Lima, Juliana Vitória Messias Bittencourt, Karen Hylgemager Gongora Bariccatti, Luciana Furlaneto-Maia, Maclovia Corrêa da Silva e Sani de Carvalho Rutz da Silva. **Suplentes:** Anna Silvia da Rocha, Christian Luiz da Silva, José Antonio Andrés Velásquez Alegre, Ligia Patrícia Torino, Márcio Barreto Rodrigues, Maria de Lourdes Bernartt, Mário Lopes Amorim, Ornella Maria Porcu e Rodrigo Lingnau.

Editora filiada a



Luiz Alberto Pilatti
Antonio Carlos Frasson
Camila Lopes Ferreira
Aldo Braghini Junior
Antonio Augusto de Paula Xavier
Isaura Alberton de Lima
(Organizadores)

**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:
TEMAS E DEBATES**

Curitiba
UTFPR Editora
2015

© 2015 Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Esta licença permite o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Disponível também em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/>>.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

E57 Engenharia de produção : temas e debates / organização : Luiz Alberto Pilatti et al. —
1. ed. Curitiba: Ed. UTFPR, 2015.
202 p. : il. ; 21 cm

Inclui bibliografias
Vários autores
ISBN: 978-85-7014-124-8

1. Engenharia de produção. I. Pilatti, Luiz Alberto. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Ponta Grossa). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDD (22. ed.) 670.42

Bibliotecário: Adriano Lopes CRB 9/1429

Coordenação editorial
Camila Lopes Ferreira
Emanuelle Torino

Projeto gráfico e editoração eletrônica
Tarliny da Silva

Capa
Igor Wesley Monteiro

Normalização
Camila Lopes Ferreira

Revisão gramatical e ortográfica
Regina Maria Beninca Schwingel

UTFPR Editora
Av. Sete de Setembro, 3165 Rebouças
Curitiba – PR 80230-901
www.utfpr.edu.br

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	7
<i>1 Desenvolvimento de modelo para diagnóstico de simbiose industrial.....</i>	11
Adriana Valélia Saraceni, Luís Maurício Martins de Resende e Pedro Paulo de Andrade Júnior	
<i>2 Os homens e as equipes de trabalho no ambiente produtivo</i>	29
Robson Luiz Montanari e Luiz Alberto Pilatti	
<i>3 Monitoramento via PCR de Salmonella spp. no processamento de carne suína.....</i>	59
Renata Louize Samulak, Sabrina Ávila Rodrigues e Juliana Vitória Messias Bittencourt	
<i>4 Aplicação de técnicas de visualização de informação nos conhecimentos gerados pelos algoritmos de mineração de dados.....</i>	74
Daniel Henrique Perucelli Rosas e Simone Nasser Matos	
<i>5 Uma investigação sobre o processo de desenvolvimento de produto na indústria moveleira.....</i>	104
Rosana Travessini e Aldo Braghini Junior	

6 Aplicação da espectroscopia de infravermelho próximo como inovação agroindustrial para controle de qualidade de produtos de origem vegetal..... 122

Flávia Aparecida Henrique, Flávia Roberta Buss Marenda, Bruna Borges Mlynarczuc e Maria Helene Giovanetti Cateri

7 Desenvolvimento de cardápios para restaurantes universitários por meio de programação linear inteira..... 140

Márcia Danieli Szeremeta Spak, Camila Clivati Justus e João Carlos Colmenero

8 Sistemas clássicos da administração x sistemas abertos: um paradigma entre a teoria e a prática em gestão nos dias atuais 156

Fábio Sprada de Menezes, Eliana Aparecida Fagundes Queiroz Bortolozo, Celso Bilynkiewicz dos Santos, Luiz Alberto Pilatti e Antônio Augusto de Paula Xavier

9 Aplicação da transferência de tecnologia em práticas preditivas para análise do comportamento de equipamentos mecânicos: o caso de um redutor planetário 174

Gilberto Zammar, Emílio Kempa Júnior, Leonardo Zammar, João Luiz Kovaleski, Fanny Kovaleski e Rui Tadashi Yoshino

ORGANIZADORES201

APRESENTAÇÃO

Ao dar início às comemorações dos 10 anos da institucionalização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), que ocorrerá em 2015, é de bom alvitre recordar a sua caminhada histórica que teve início nos idos de 1909, com a criação da Escola de Aprendizes e Artífices até os dias atuais. Com um legado de mais de 100 anos de existência voltada à formação profissional, a UTFPR primou sempre por um ensino de excelência visando o desenvolvimento social e tecnológico da sociedade, com a oferta de diversos cursos de tecnologia.

Numa área mais abrangente, os cursos de tecnologia desdobraram-se em cursos de nível médio, superior e de pós-graduação ao nível de especialização, de mestrado e de doutorado, nas mais diversas áreas do conhecimento, proporcionando um processo contínuo de propagação de novas abordagens técnicas e metodológicas, pautado sempre nos princípios da cientificidade acadêmica.

No escopo da tecnologia, apresentamos para a comunidade acadêmica o livro denominado 'Engenharia de Produção: temas e debates', composto por nove capítulos que, ao lado do prisma científico, apresenta um envolvente diálogo em torno dos determinantes tecnológicos, os quais, sem sombra de dúvida, contribuem com o crescimento da área em questão.

De forma breve, no intuito de apresentar o livro aos leitores, sumarizaremos os capítulos do mesmo.

Adriana Valélia Saraceni, Luís Maurício Martins de Resende e Pedro Paulo de Andrade Júnior trazem para análise, no primeiro capítulo, uma temática que aborda o *Desenvolvimento de modelo para diagnóstico de simbiose industrial*. O texto oportuniza uma reflexão sobre a relação entre o meio ambiente e o processo produtivo, identificando as variáveis necessárias para contextualização significativa da integração das práticas de sustentabilidade com o sistema produtivo.

No segundo capítulo, Robson Luiz Montanari e Luiz Alberto Pilatti, discorrem sobre o tema *Os homens e as equipes de trabalho no ambiente produtivo*. Para dar vida à discussão proposta, os autores partem da análise da *performance* organizacional, tendo como foco o trabalho em equipe, em relação ao processo produtivo, entrevistando 130 trabalhadores de uma indústria de eletrodomésticos localizada

no interior do Paraná. Os autores destacam que a configuração de uma equipe, com predominância de um determinado comportamento, apresenta uma dinâmica de relações favoráveis à interdependência entre os homens na contextualização do trabalho em equipe.

Face ao papel de destaque que o Brasil ocupa a nível mundial na produção de alimentos de origem animal, em especial a carne suína, as autoras Renata Louize Samulak, Sabrina Ávila Rodrigues e Juliana Vitória Messias Bittencourt oportunizam, no terceiro capítulo, a análise sobre o *Monitoramento via PCR de Salmonella spp. no processamento de carne suína*. Neste contexto, além de destacarem o estado do Paraná como um dos maiores produtores deste mercado de carne, evidenciam, também, a necessidade de se estabelecer uma metodologia eficiente e rápida no processo de controle de qualidade da carne suína, principalmente, em relação à *Salmonella spp.*, visto que a carne serve como um substrato para a propagação de micro-organismos prejudiciais à saúde humana.

No quarto capítulo, ao analisarem o processo de informação, os autores Daniel Henrique Perucelli Rosas e Simone Nasser Matos discorrem sobre a *Aplicação de técnicas de visualização nos conhecimentos gerados pelos algoritmos de mineração de dados*. Destacam que uma informação para ser considerada de qualidade necessita estar vinculada aos princípios da objetividade, da confiabilidade, da relevância e da interpretabilidade. Para que este processo se faça presente, os autores apontam que se torna necessária uma estreita relação entre os processos de representação visual de informações com as técnicas de mineração de dados.

Tendo como foco o setor moveleiro, os autores Rosana Travessini e Aldo Braghini Júnior analisam de forma comparativa a utilização das metodologias que se apresentam na literatura, em relação ao processo de desenvolvimento de produto (PDP), com as realmente utilizadas para o referido setor. Assim, o quinto capítulo traz para análise a temática: *Uma investigação sobre o processo de desenvolvimento de produto na indústria moveleira*, centrada em uma indústria de pequeno porte, cujo portfólio apresenta uma produção de 10 a 15 modelos de produtos anualmente. Demonstram os autores, existir certa fragilidade na estrutura do PDP adotado na indústria pesquisada e apontam a necessidade de desenvolver um modelo de referência para o setor moveleiro visando maior produtividade.

Flávia Aparecida Henrique, Flávia Roberta Buss Marena, Bruna Borges Mlynarczuk e Maria Helene Giovanetti Canteri, centradas em dados econômicos que

apontam para o crescimento do consumo de frutas, de produtos hortícolas e de origem animal pela população mundial trazem à mostra, no sexto capítulo, o processo de *Aplicação da espectroscopia de infravermelho próximo como inovação agroindustrial para controle de qualidade de produto de origem vegetal*. Destacam que a aplicação da técnica *Near Infrared (NIR)* – Tecnologia de espectros infravermelhos pode ser considerada como um instrumento adequado para o controle de qualidade de frutos, em virtude de que a sua utilização não se apresenta como invasiva e/ou destrutiva dos frutos.

No sétimo capítulo os autores Marcia Danieli Szeremeta Spak, Camila Clivati Justus e João Carlos Colmenero, com a temática voltada para o *Desenvolvimento de cardápios para restaurantes universitários por meio de programação linear inteira* perscrutam sobre o processo de elaboração de cardápios plenamente satisfatórios em seus aspectos nutricionais, com custo financeiro viável. O objetivo buscado foi o de auxiliar na elaboração desses cardápios atendendo aos determinantes da pirâmide alimentar em relação às necessidades nutricionais, aliados a um custo economicamente viável.

O oitavo capítulo, *Sistemas clássicos da administração X Sistemas abertos: um paradigma entre a teoria e a prática em gestão nos dias atuais*, de autoria de Fábio Sprada de Menezes, Eliana Aparecida Fagundes Queiroz Bortolozo, Celso Bilynkiewicz dos Santos, Luiz Alberto Pilatti e Antônio Augusto de Paula Xavier, produz uma reflexão centrada nas teorias clássicas da administração. São discutidos os trabalhos de Taylor, Fayol e Ford, de forma comparativa, aos Sistemas abertos de administração, centrados nos programas de benefícios aos empregados e de qualidade de vida no trabalho. Contata-se que há uma prevalência de modelos mistos de gestão.

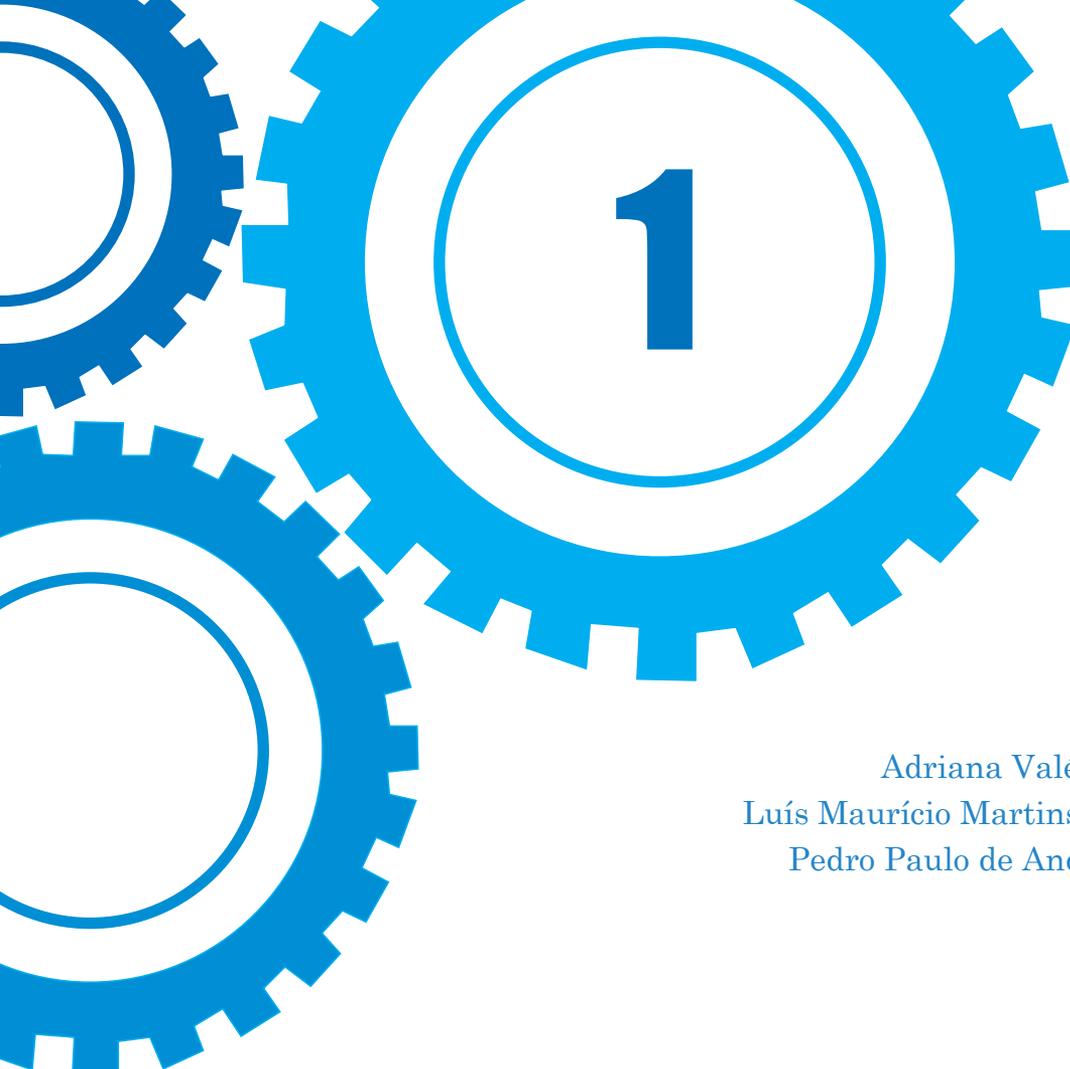
Por fim, no nono capítulo, dos autores Gilberto Zammar, Emílio Kempa Júnior, Leonardo Zammar, João Luiz Kovaleski, Fanny Kovaleski e Rui Tadashi Yoshino, é discutida a *Aplicação da transferência de tecnologia em práticas preditivas para análise do comportamento de equipamentos mecânicos, através do caso de um redutor planetário*. É analisado o trabalho desenvolvido em uma grande indústria de painéis da América Latina em relação à inserção do redutor planetário na linha de produção. Dados empíricos apontaram que, com a eficácia da transferência de tecnologia através de práticas preditivas, foi possível que a indústria alcançasse a

excelência na redução de custos e na manutenção de equipamentos aliada a uma alta produtividade, face ao mercado competitivo que ora se apresenta.

Assim, tendo como parâmetros os trabalhos aqui apresentados, almejamos que os mesmos possam servir de base para futuros estudos, bem como se traduzam em encaminhamentos adequados para a solução de problemas nas mais diversas áreas do sistema produtivo.

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson





1

Adriana Valélia Saraceni
Luís Maurício Martins de Resende
Pedro Paulo de Andrade Júnior

***DESENVOLVIMENTO DE MODELO
PARA DIAGNÓSTICO DE SIMBIOSE
INDUSTRIAL***

INTRODUÇÃO

A busca pela minimização dos impactos ambientais causados na sociedade é um tema constantemente abordado na busca por sustentabilidade. Entretanto, a gestão sustentável do sistema produtivo precisa estar aliada com a integração do conceito da sustentabilidade em todas as suas esferas: econômica, social e ambiental (LOVINS; LOVINS; HAWKEN, 1999; OHNISHI et al., 2012; DESPEISSE et al., 2012; COELHO; LANGE; COELHO, 2012).

A integração de conceitos de sustentabilidade é o principal campo de pesquisa da Ecologia Industrial (EI) (OHNISHI et al., 2012). Os princípios da Ecologia Industrial estão baseados em princípios ecológicos que propõem uma mudança do modelo de produção industrial tradicional, visando um sistema integrado onde tudo é reaproveitado no próprio sistema (ZHANG et al., 2011).

A EI é uma área em crescimento que fornece um novo quadro conceitual para a compreensão dos impactos do sistema industrial no meio ambiente (SOPHA et al., 2009). O diferencial da EI é seu enfoque amplo, visando estratégias para se alcançar eficiência econômica por meio da integração de sistemas comuns, com parcerias na utilização de serviços, agregando valor para as empresas e, conseqüentemente, para as comunidades (AYRES; SIMONIS, 1994; GENG et al., 2009) atendendo desta forma, às três principais esferas da sustentabilidade já citadas: econômica, social e ambiental.

Além disso, a EI cada vez mais vem sendo apontada como uma forma de reduzir os impactos ambientais causados pela produção industrial, sendo o conceito de Simbiose Industrial (SI) uma de suas principais vertentes (ECKELMAN; CHERTOW, 2009). Há diversas definições de SI, todas baseadas no compartilhamento de recursos e subprodutos entre empresas (VACHON; KLASSEN, 2008; GIANNETTI et al., 2008; LI, 2009; SOPHA et al., 2009; MATTILA; PAKARINEN; SOKKA, 2010; BOCKEN et al., 2012).

Entretanto, observa-se que, grande parte da análise sobre os benefícios ambientais encontrados na literatura, refere-se a simbioses já existentes (ECKELMAN; CHERTOW, 2009).

A questão sobre o potencial existente para novas relações simbióticas e a dimensão do potencial total na obtenção de benefícios ambientais por meio da SI ainda não foram estimados em grande escala (ECKELMAN; CHERTOW, 2009). Portanto, uma metodologia voltada para o desenvolvimento sustentável do processo industrial de produção precisa fornecer orientações detalhadas de acordo com cada sistema industrial (SMITH; BALL, 2012), identificando os potenciais da SI existentes. Para tanto, identificar as variáveis necessárias para o desenvolvimento de modelos de diagnóstico de SI, torna-se um desafio.

Uma forma de sobrepujar o mencionado desafio ocorre através da revisão sistemática em periódicos, pois pesquisas que mensurem e estabeleçam indicadores baseados em documentos citados “[...] contribuem de forma concreta com as ações pela busca da qualidade informacional” (ANDRADE; JUNG, 2013, p. 20).

Assim, o objetivo principal deste estudo é identificar as variáveis necessárias para o desenvolvimento de modelos de diagnóstico de SI.

REVISÃO SISTEMÁTICA

A seleção de periódicos e artigos através da classificação disponibilizada pelo portal *Institute for Scientific Information (ISI) Web of Knowledge* – sendo um dos seus critérios o número de citações – é um método de sistematização concreta para o alcance de resultados com qualidade informacional. Ademais, de acordo com Silva, Steil e Selig (2013, p. 145), “[...] a participação direta ou acompanhamento das atividades científicas que compõem a avaliação, ou o simples contato com algum de seus produtos informacionais, pode levar a mudanças cognitivas e/ou comportamentais”, tanto em níveis individuais como organizacionais.

Portanto, para alcançar resultados com qualidade informacional, este estudo utiliza a aplicação de fases do instrumento ProKnow-C (*Knowledge Development Process–Constructivist*), proposto por Ensslin et al. (2010). O instrumento ProKnow-C divide-se em duas fases de aplicação: seleção do banco de artigos bruto e filtragem do banco de artigos.

As três primeiras etapas da primeira fase realizam a seleção do banco de artigos bruto, definindo as bases de dados, a definição das palavras-chave e a busca de artigos nas bases de dados com as palavras-chave (ENSSLIN et al., 2010; SARACENI; RESENDE; ANDRADE JÚNIOR, 2012).

A segunda fase é composta pela filtragem do banco de artigos, eliminando artigos repetidos, refinando o material pela leitura do título, alinhando quanto ao reconhecimento científico e, em seguida, pela leitura integral dos artigos.

Por meio do portal ISI *Web of Knowledge*, obteve-se o *Journal Citation Reports* (JCR) de 2010, através do qual foi feita uma seleção estatística. Selecionaram-se as categorias *Engineering*, *Environmental* e *Engineering, Industrial*. A busca dos periódicos ocorreu por meio do portal Capes, pelo número do *International Standard Serial Number* (ISSN) de cada periódico. Periódicos não disponibilizados pelo portal foram descartados. Os periódicos possuem formatos diferentes e publicam artigos com diversas características, como pesquisas básicas, aplicadas, documentais, entre outras. Para a primeira análise, consideram-se todos os tipos de artigos. Como critério de busca em cada periódico utilizou-se o termo *Industrial Ecology*, selecionando-se estudos publicados a partir de 2008. Em seguida, fez-se a filtragem por título, para então formar um portfólio de artigos para leitura integral e seguir com a identificação das variáveis.

ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Na categoria *Engineering, Environmental* constam 45 periódicos com Fator de Impacto (FI) variando de 9,333 até 0,261. Para a presente pesquisa selecionou-se todos os artigos que se enquadram no percentil 70 ($FI \geq 1,032$), totalizando 32 periódicos. Dos 32 periódicos com maior FI na categoria *Engineering, Environmental*, 5 não estão disponíveis na base Capes. Assim, foram pesquisados os 27 periódicos na categoria *Engineering, Environmental*, demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Periódicos pesquisados da categoria *Engineering, Environmental*
(continua)

	Título do periódico (Abreviado)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Energy Educ Sci Tech	1301-8361	9,333	n/e	n/e	-	-
2	Environ Sci Technol	0013-936X	4,827	A1	x	208	14
3	Appl Catal B-Environ	0926-3373	4,749	A1	x	13	0
4	Water Res	0043-1354	4,546	A1	x	16	0
5	Int J Greenh Gas Con	1750-5836	4,081	n/e	n/e	-	-
6	J Hazard Mater	0304-3894	3,723	A1	x	64	3
7	Int J Life Cycle Ass	0948-3349	3,148	A2	x	209	6
8	Chem Eng J	1385-8947	3,074	A1	x	22	1
9	Environ Modell Softw	1364-8152	2,871	A2	x	9	1
10	J Clean Prod	0959-6526	2,430	A2	x	833	14
11	Waste Manage	0956-053X	2,358	A2	x	79	2
12	Ecol Eng	0925-8574	2,203	n/c	x	12	3
13	Build Environ	0360-1323	2,131	A1	x	15	4
14	Environ Chem Lett	1610-3653	2,051	n/c	x	4	0
15	Indoor Air	0905-6947	2,029	A1	x	0	0
16	Resour Conserv Recy	0921-3449	1,974	A2	x	149	10
17	Stoch Env Res Risk A	1436-3240	1,777	n/c	x	0	0
18	Ambio	0044-7447	1,705	n/c	x	0	0
19	Environ Geochem Hlth	0269-4042	1,667	n/c	x	0	0
20	J Air Waste Manage	1047-3289	1,567	n/e	n/e	-	-
21	J Polym Environ	1566-2543	1,507	n/c	x	0	0
22	Cold Reg Sci Technol	0165-232X	1,488	n/e	x	0	0

Tabela 1 - Periódicos pesquisados da categoria *Engineering, Environmental*
(conclusão)

	Título do periódico (Abreviado)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
23	Process Saf Environ	0957-5820	1,453	n/c	n/e	-	-
24	J Am Water Resour As	1093-474X	1,373	n/c	x	0	0
25	Environ Prog	0278-4491	1,308	n/e	x	-	-
26	Waste Manage Res	0734-242X	1,222	n/c	x	0	0
27	J Environ Eng-Asce	0733-9372	1,121	n/c	x	0	0
28	Clean Technol Envir	1618-954X	1,120	n/c	x	3	1
29	J Environ Sci Heal A	1093-4529	1,107	B1	x	0	0
30	Iran J Environ Healt	1735-1979	1,072	n/e	x	0	0
31	Water Sci Technol	0273-1223	1,056	B1	n/e	-	-
32	Ozone-Sci Eng	0191-9512	1,032	n/c	x	0	0

Fonte: Autoria própria (2014).

Nota: (1): ISSN; (2): Fator de Impacto; (3): Qualis CAPES Engenharias III; (4): Base Portal Capes; (5): *Industrial Ecology*; (6): Eliminação de estudos publicados antes de 2008; * n/e = não encontrado (na base ou no portal) / n/c = não classificado em Engenharias III.

Na categoria *Engineering, Industrial* constam 38 periódicos com FI variando de 2,993 até 0,062. Utilizou-se o mesmo critério de seleção, sendo selecionados os periódicos que se enquadram no percentil 70 ($FI \geq 0,655$), totalizando 27 periódicos. Dos 27 periódicos na categoria *Engineering, Industrial*, 4 não estão disponíveis na base Capes. Assim, foram pesquisados os 23 periódicos na categoria *Engineering, Industrial*, demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Periódicos pesquisados da categoria *Engineering, Industrial*

(continua)

	Título do periódico (Abreviado)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Technovation	0166-4972	2,993	A1	x	10	2
2	J Prod Innovat Manag	0737-6782	2,079	n/c	x	1	1
3	Int J Prod Econ	0925-5273	1,988	A1	x	40	9
4	Reliab Eng Syst Safe	0951-8320	1,899	A2	x	0	0
5	Eur J Ind Eng	1751-5254	1,787	n/e	n/e	-	-
6	Comput Oper Res	0305-0548	1,769	A2	x	2	1
7	Cirp Ann-Manuf Techn	0007-8506	1,684	A1	x	13	2
8	Safety Sci	0925-7535	1,637	A2	x	3	1
9	Ieee T Ind Inform	1551-3203	1,627	A2	x	0	0
10	J Mater Process Tech	0924-0136	1,570	A2	x	1	0
11	Ind Manage Data Syst	0263-5577	1,569	A2	x	6	2
12	Comput Ind Eng	0360-8352	1,543	A2	x	7	1
13	Appl Ergon	0003-6870	1,467	A2	x	0	0
14	Ergonomics	0014-0139	1,377	A2	n/e	-	-
15	J Qual Technol	0022-4065	1,377	A2	n/e	-	-
16	Ieee T Eng Manage	0018-9391	1,344	A2	x	0	0
17	Int J Ind Ergonom	0169-8141	1,322	A2	x	0	0
18	Res Eng Des	0934-9839	1,250	n/e	x	0	0
19	Iie Trans	0740-817X	1,186	n/c	x	0	0
20	Int J Prod Res	0020-7543	1,033	A2	n/e	-	-
21	Probab Eng Inform Sc	0269-9648	0,971	n/c	x	0	0
22	Systems Eng	1098-1241	0,791	n/e	x	9	2

Tabela 2 - Periódicos pesquisados da categoria *Engineering, Industrial*
(conclusão)

	Título do periódico (Abreviado)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
23	Res Technol Manage	0895-6308	0,754	B1	x	0	0
24	J Manage Eng	0742-597X	0,750	n/c	x	0	0
25	J Eng Technol Manage	0923-4748	0,737	n/e	x	1	1
26	J Constr Eng M Asce	0733-9364	0,676	n/c	x	1	0
27	Ind Robot	0143-991X	0,655	B1	x	0	0

Fonte: Aatoria Própria (2014).

Nota: (1): ISSN; (2): Fator de Impacto; (3): Qualis CAPES Engenharias III; (4): Base Portal Capes; (5): *Industrial Ecology*; (6): Eliminação de estudos publicados antes de 2008; * n/e = não encontrado (na base ou no portal) / n/c = não classificado em Engenharias III

Na sequência, realizou-se a filtragem pelo resumo e exclusão dos artigos repetidos. Após a filtragem por resumo e artigos repetidos, obteve-se o resultado de 34 artigos selecionados na categoria *Engineering, Environmental* e de 14 artigos selecionados na categoria *Engineering, Industrial*, resultando um total de 48 artigos para leitura integral. Após a leitura integral dos artigos, realizou-se então a etapa de identificação das variáveis.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um modelo físico-tecnológico que integra metodologias de EI precisa estar combinado com a análise dos atores e instituições que fazem parte da governança dos sistemas industriais. Portanto, desenvolver um modelo de SI também envolve uma análise social e institucional do ambiente no qual o sistema industrial de produção está inserido, para que se possa avaliar o potencial e a viabilidade estratégica de aplicação do modelo (ANH et al., 2011). Dessa forma, o passo inicial é identificar as principais variáveis.

Dos artigos selecionados nas categorias *Engineering*, *Environmental* e *Engineering, Industrial*, com a palavra-chave *Industrial Ecology*, identificou-se as principais relações básicas, conforme demonstrado no Quadro 1.

Definição		
A definição de SI ocorre por meio de três principais transações simbióticas:		
Intercâmbio de subprodutos	Compartilhamento de utilitários e/ou serviços	Cooperação em gestão
Utilização de resíduos de outras empresas como matérias-primas.	Como no tratamento de água para reaproveitamento, utilização de energia e tratamento de resíduos.	Cooperação nas questões de interesse comum como planejamento, treinamento ou gestão da sustentabilidade.
Autores pesquisados: Schmidt e Schwegler (2008); Bailey, Bras e Allen (2008); Yang e Feng (2008); Zhang et al. (2008); Eckelman e Chertow (2009); Geng et al. (2009); Veiga e Magrini (2009); Heidrich, Harvey e Tollin (2009); Li (2009); Liwarska-Bizukojc et al. (2009); Kovanda, Weinzettel e Hak (2009); Schönsleben et al. (2010); Mattila, Pakarinen e Sokka (2010); Bain et al. (2010); Pakarinen et al. (2010); Tiejun (2010); Sopha et al. (2009); Anh et al. (2011); Taskhiri, Tan e Chiu (2011); Coli, Nissi e Rapposelli (2011); Schoenherr (2011); Goldstein, Hilliard e Parker (2011); Jensen et al. (2011); Lehtoranta et al. (2011); Rodríguez et al. (2011); Mu, Feng e Chu (2011); Zhang et al. (2011); Coelho, Lange e Coelho (2012); Despeisse et al. (2012); Ohnishi et al. (2012); Smith e Ball (2012); Zhu, Sarkis e Lai (2012).		

Quadro 1 - Relações básicas de SI

Fonte: A autoria própria (2014).

De acordo com Frosch e Gallopoulos (1989) em *Strategies for manufacturing*, um ecossistema industrial é um sistema no qual o consumo de energia e de materiais é otimizado, a geração de resíduos é minimizada e os efluentes de um processo servem como matéria-prima para outro processo.

Estudos recentes têm um enfoque no ecossistema industrial, no metabolismo industrial e na SI a partir de uma ótica biológica e de engenharia. Entretanto, visões de economia e de tecnologia são diferentes. Unir esses pontos de vista fortalece a compreensão dos benefícios da SI. Reduzir impactos ambientais e, ao mesmo tempo, fazer uso mais eficiente dos recursos não parece ser suficiente para que uma simbiose aconteça (SOPHA et al., 2009).

Assim é importante considerar que um modelo de SI, além de identificar as relações básicas, também abrange outros aspectos do sistema industrial de produção, como o âmbito social e institucional.

DOMÍNIOS DE FUNCIONAMENTO DA SIMBIOSE INDUSTRIAL

A literatura enfatiza a troca de resíduos como a principal característica do desenvolvimento da SI. Este é um importante elemento, mas se o objetivo é a sustentabilidade, é necessária uma perspectiva abrangente que envolva aspectos econômicos, sociais e ecológicos (VEIGA; MAGRINI, 2009).

Os fatores críticos de sucesso que a literatura sobre SI aponta, variam desde a falta de técnica, de recurso econômico, de estrutura organizacional, do processo de tomada de decisão, da conscientização sobre os aspectos de informação e *know-how* e de atitudes dos atores, para que seja formada a rede de interação (EHRENFELD; GERTLER, 1997; KORHONEN, 2002; HEERES; VERMEULEN, 2004; SOPHA et al., 2009).

Esses fatores são definidos conforme demonstrado no Quadro 2.

Domínios	Definição
Técnico	A relação é tecnicamente viável em termos químicos, físicos e espaciais, entre os fluxos de troca, compatível entre as necessidades e as capacidades e com custos de tecnologias acessíveis.
Econômico	A relação deve ser economicamente viável ou não apresentar riscos econômicos, em termos de custos dos insumos virgens no valor dos resíduos e fluxo de subprodutos, transação e custos de oportunidade, tamanho do investimento de capital e taxas de desconto.
Político	Influenciada por diversos aspectos de leis e regulamentos ambientais como políticas internacionais, elementos fiscais e impostos, taxas, multas, subsídios e créditos.
Informativo	As pessoas certas necessitam da informação correta no momento correto. O acesso e a disponibilidade de informação relevante deve acontecer entre as áreas e apresentar correto direcionamento. O gerenciamento da informação necessita ser contínuo.
Organizacional e institucional	O objetivo precisa estar alinhado com a estrutura organizacional da empresa em diversos níveis, em termos de confiança, abertura, maturidade ambiental, nível de interação social e proximidade, disponibilidade local na tomada de decisão, história da organização, a natureza de interação entre indústrias, formuladores de políticas e cultura organizacional (familiaridade).

Autores pesquisados: Ehrenfeld e Gertler (1997); Korhonen (2002); Heeres e Vermeulen (2004); Yang e Feng (2008); Sopha et al. (2009); Kovanda, Weinzettel e Hak (2009); Bain et al. (2010); Schönsleben et al. (2010); Taskhiri, Tan e Chiu (2011); Coelho, Lange e Coelho (2012); Despeisse et al. (2012); Chertow e Lifset (2013).

Quadro 2 - Domínios de funcionamento da SI

Fonte: Autoria própria (2014).

Partindo dessa proposição, verifica-se que a SI abrange diversos domínios e limites de cooperação das empresas envolvidas. Anh et al. (2011) apontam que para criar um modelo integrado de prevenção de poluição em sistemas industriais de produção, as etapas iniciais começam a partir do fluxo de material e de energia. Em posse das relações básicas e dos domínios de funcionamento da SI, desenvolveu-se então a estrutura de um modelo das relações da SI, conforme Figura 1.

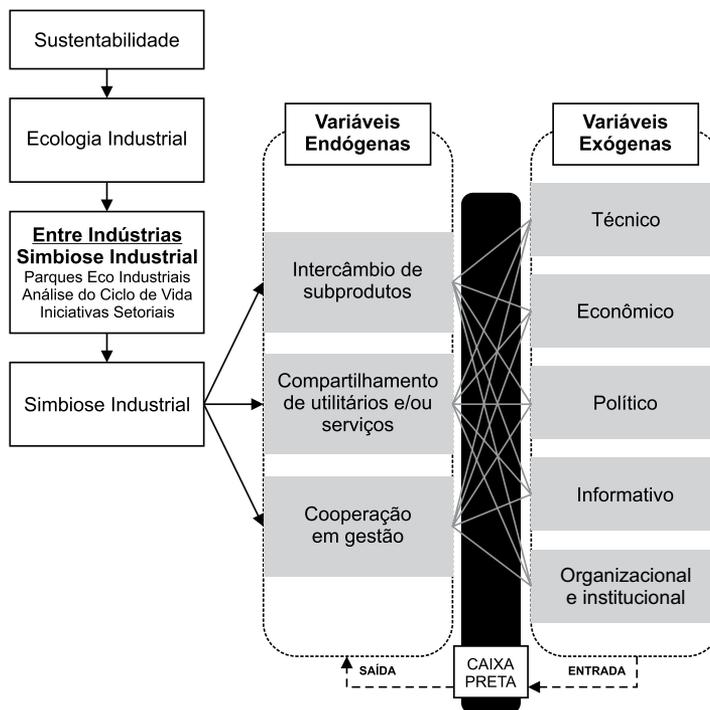


Figura 1 - Estrutura de análise das interações de SI

Fonte: Autoria própria (2014).

Desta forma, se responde a pergunta de partida ‘Como identificar as variáveis necessárias para o desenvolvimento de modelos de diagnóstico de SI?’. Ao aplicar um critério sistemático, foi possível obter como resultado as principais variáveis necessárias para a realização de um diagnóstico de SI. Não obstante, identificaram-se, também, os domínios de funcionamento em que estas variáveis precisam ocorrer para que a rede de interação seja formada.

Ainda, de acordo com Lehtoranta et al. (2011), a cooperação entre as empresas ocorre mais facilmente se estiverem em uma localização de proximidade espacial, o que é comum em sistemas onde acontece efetivamente a SI, pois distâncias menores

entre empresas otimizam a rentabilidade do subproduto e da troca de resíduos, especialmente de energia e de água, tornando a SI economicamente viável. Este é um aspecto que precisa ser considerado no caso do desenvolvimento de um projeto de SI.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento sustentável com relação ao processo de produção industrial é de crescente importância para a sociedade e foi o norteador deste estudo. Assim, o objetivo de identificar as variáveis necessárias para a realização de um diagnóstico de SI reflete a perspectiva crescente no meio acadêmico e industrial de integrar as práticas de produção com o meio ambiente.

Por meio da revisão sistemática realizada, com a seleção do banco de artigos bruto e a filtragem do banco de artigos nas categorias *Engineering*, *Environmental* e *Engineering, Industrial*, e pesquisa com a palavra-chave *Industrial Ecology*, manteve-se o embasamento científico dos resultados. Como as categorias selecionadas abrangem tanto a Engenharia Ambiental como a Engenharia de Produção, foi possível montar um portfólio de artigos consistente, mesmo com os diversos critérios de corte empregados.

Através dos artigos selecionados nas duas categorias, foi possível construir uma abordagem que responde a pergunta de partida, identificando as principais variáveis necessárias para a realização de um diagnóstico de SI, bem como os domínios de funcionamento em que estas variáveis precisam estar alinhadas, para que seja formada a rede de interação. A partir dos resultados, foi possível desenvolver uma estrutura de modelo para a análise da SI.

Além disso, a pesquisa revelou que desenvolver um modelo de SI também envolve uma análise social e institucional do ambiente no qual o sistema industrial de produção está inserido. O intuito da análise é avaliar o potencial e a viabilidade da estratégia possibilitando que este modelo possa ser aplicado na prática. Tais resultados contribuem na continuidade do estudo das Engenharias, pois ao identificar as

variáveis da SI, a base para a continuidade do estudo está construída. Não obstante, o progresso do estudo com o desenvolvimento de um instrumento voltado para o diagnóstico de SI permeia uma alternativa de desenvolvimento sustentável para a produção industrial.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES a concessão de bolsa de estudos, o que possibilitou a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. S.; JUNG, C. F. Análise de referências utilizadas por pesquisadores na revista Gestão & Produção. **Transinformação**, Campinas, SP, v. 25, n. 1, p. 19-25, 2013.
- ANH, P. T.; DIEU, T. T. M.; MOL, A. P. J.; KROEZE, C.; BUSH, S. R. Towards eco-agro industrial clusters in aquatic production: the case of shrimp processing industry in Vietnam. **Journal of Cleaner Production**, v. 19 n., 17-18, p. 2107-2118, 2011.
- AYRES, R. U.; SIMONIS, U. E. **Industrial metabolism: restructuring for sustainable development**. Tokyo: United Nations University Press, 1994.
- BAILEY, R.; BRAS, B.; ALLEN, J. K. Measuring material cycling in industrial systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, n. 4, p. 643-652, 2008.
- BAIN, A.; SHENOY, M.; ASHTON, W.; CHERTOW, M. Industrial symbiosis and waste recovery in an Indian industrial area. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1278-1287, 2010.
- BOCKEN, N. M. P.; ALLWOOD, J. M.; WILLEY, A. R.; KING, J. M. H. Development of a tool for rapidly assessing the implementation difficulty and emissions benefits of innovations. **Technovation**, v. 32, n. 1, p. 19-31, 2012.
- CHERTOW, M. R.; LIFSET, R. Industrial symbiosis. In: CLEVELAND, C. J. (Ed.). **Encyclopedia of Earth**. Washington, DC: Environmental Information Coalition; National Council for Science and the Environment, 2013.

- COELHO, H. M. G.; LANGE, L. C.; COELHO, L. M. G. Proposal of an environmental performance index to assess solid waste treatment technologies. **Waste Management**, New York, p. 1-9, 2012.
- COLI, M.; NISSI, E.; RAPPOSELLI, A. Monitoring environmental efficiency: an application to Italian provinces. **Environmental Modelling & Software**, v. 26, n. 1, p. 38-43, 2011.
- DESPEISSE, M.; BALL, P. D.; EVANS, S.; LEVERS, A. Industrial ecology at factory level: a conceptual model. **Journal of Cleaner Production**, v. 31, p. 30-39, 2012.
- ECKELMAN, M. J.; CHERTOW, M. R. Quantifying life cycle environmental benefits from the reuse of industrial materials in Pennsylvania. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 7, p. 2550-2556, 2009.
- EHRENFELD, J.; GERTLER, N. Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalunborg. **Journal of Industrial Ecology**, v.1, n.1, p. 67-79, jan. 1997.
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. **ProKnow-C, knowledge development process-constructivist**: processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil: [s.n.], 2010.
- FROSCHE, R. A.; GALLOPOULOS, N. E. Strategies for manufacturing. **Scientific American**, v. 261, n. 3, p. 144-152, 1989.
- GENG, Y.; ZHU, Q.; DOBERSTEIN, B.; FUJITA, T. Implementing China's circular economy concept at the regional level: a review of progress in Dalian, China. **Waste Management**, New York, v. 29, n. 2, p. 996-1002, 2009.
- GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H.; SILVA, I. R.; ALMEIDA, C. M. V. B. Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 10, p. 1106-1117, 2008.
- GOLDSTEIN, D.; HILLIARD, R.; PARKER, V. Environmental performance and practice across sectors: methodology and preliminary results. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 9/10, p. 946-957, 2011.
- HEERES, R. R.; VERMEULEN, W. J. V. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, n. 8/10, p. 985-995, 2004.
- HEIDRICH, O.; HARVEY, J.; TOLLIN, N. Stakeholder analysis for industrial waste management systems. **Waste Management**, New York, v. 29, n. 2, p. 965-973, 2009.
- JENSEN, P. D.; BASSON, L.; HELLAWEEL, E. E.; BAILEY, M. R.; LEACH, M. Quantifying 'geographic proximity': experiences from the United Kingdom's National Industrial Symbiosis Programme. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 7, p. 703-712, 2011.

- KORHONEN, J. A material and energy flow model for co-production of heat and power. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, n. 6, p. 537-544, 2002.
- KOVANDA, J.; WEINZETTEL, J.; HAK, T. Analysis of regional material flows: the case of the Czech Republic. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 5, p. 243-254, 2009.
- LEHTORANTA, S.; NISSINEN, A.; MATTILA, T.; MELANEN, M. Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 16, p. 1865-1875, 2011.
- LI, Y.-R. The technological roadmap of Cisco's business ecosystem. **Technovation**, v. 29, n. 5, p. 379-386, 2009.
- LIWARSKA-BIZUKOJC, E.; BIZUKOJC, M.; MARCINKOWSKI, A.; DONIEC, A. The conceptual model of an eco-industrial park based upon ecological relationships. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 8, p. 732-741, 2009.
- LOVINS, A. B.; LOVINS, L. H.; HAWKEN, P. A road map for natural capitalism. **Harvard Business Review**, v. 77, n. 3, p. 145-158, 1999.
- MATTILA, T. J.; PAKARINEN, S.; SOKKA, L. Quantifying the total environmental impacts of an industrial symbiosis - a comparison of process -, hybrid and input-output life cycle assessment. **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 11, p. 4309-4314, 2010.
- MU, H.; FENG, X.; CHU, K. H. Improved emergy indices for the evaluation of industrial systems incorporating waste management. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 2, p. 335-342, 2011.
- OHNISHI, S.; FUJITA, T.; CHEN, X.; FUJII, M. Econometric analysis of the performance of recycling projects in Japanese Eco-Towns. **Journal of Cleaner Production**, v. 33, p. 217-225, 2012.
- PAKARINEN, S.; MATTILA, T.; MELANEN, M.; NISSINEN, A.; SOKKA, L. Sustainability and industrial symbiosis: the evolution of a finnish forest industry complex. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1393-1404, 2010.
- RODRÍGUEZ, M. T. T.; ANDRADE, L. C.; BUGALLO, P. M. B.; LONG, J. J. C. Combining LCT tools for the optimization of an industrial process: material and energy flow analysis and best available techniques. **Journal of Hazardous Materials**, v. 192, n. 3, p. 1705-1719, 2011.
- SARACENI, A. V.; RESENDE, L. M.; ANDRADE JÚNIOR, P. P. Análise da correlação da produção científica entre ecologia industrial e arranjos produtivos em periódicos nacionais e internacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ENEGEP, 2012.

SCHMIDT, M.; SCHWEGLER, R. A recursive ecological indicator system for the supply chain of a company. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1658-1664, 2008.

SCHOENHERR, T. The role of environmental management in sustainable business development: a multi-country investigation. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 1-13, 2011.

SCHÖNSLEBEN, P.; VODICKA, M.; BUNSE, K.; ERNST, F. O. The changing concept of sustainability and economic opportunities for energy-intensive industries. **CIRP Annals: Manufacturing Technology**, v. 59, n. 1, p. 477-480, 2010.

SILVA, A. W. L.; STEIL, A. V.; SELIG, P. M. Aprendizagem em organizações como resultado de processos de avaliação ambiental. **Ambiente e Sociedade**, v. 16, n. 2, p. 129-152, 2013.

SMITH, L.; BALL, P. Steps towards sustainable manufacturing through modeling material, energy and waste flows. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 227-238, 2012.

SOPHA, B. M.; FET, A. M.; KEITSCH, M. M.; HASKINS, C. Using systems engineering to create a framework for evaluating industrial symbiosis options. **Systems Engineering**, v. 13, n. 2, p. 149-160, 2009.

TASKHIRI, M. S.; TAN, R. R.; CHIU, A. S. F. Emergy-based fuzzy optimization approach for water reuse in an eco-industrial park. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 7, p. 730-737, 2011.

TIEJUN, D. Two quantitative indices for the planning and evaluation of eco-industrial parks. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 7, p. 442-448, 2010.

VACHON, S.; KLASSEN, R. D. Environmental management and manufacturing performance: the role of collaboration in the supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 111, n. 2, p. 299-315, 2008.

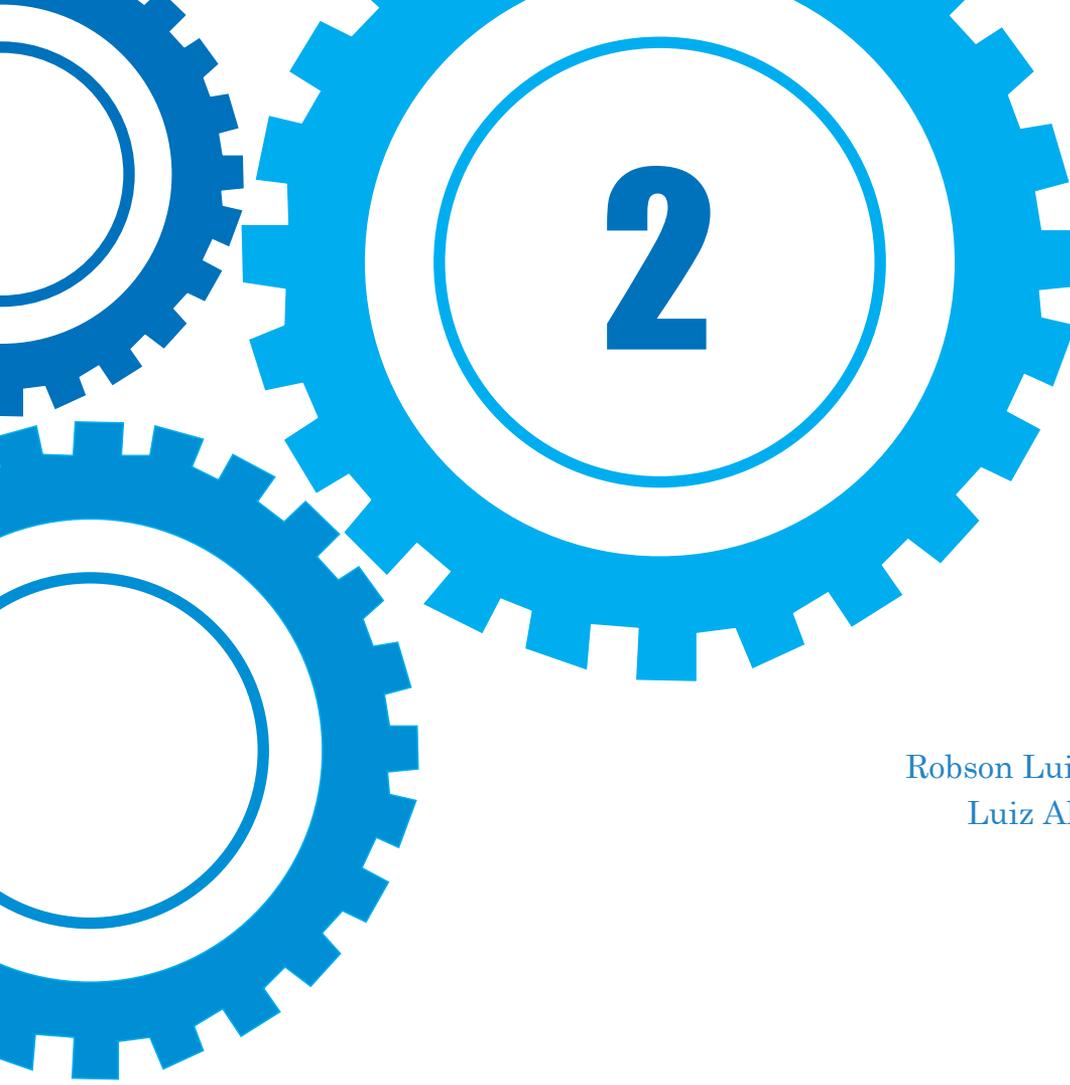
VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, A. Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 7, p. 653-661, 2009.

YANG, S.; FENG, N. A case study of industrial symbiosis: Nanning Sugar Co., Ltd. in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, n. 5, p. 813-820, 2008.

ZHANG, X.; STROMMAN, A. H.; SOLLI, C.; HERTWICH, E. G. Model-centered approach to early planning and design of an eco-industrial park around an oil refinery. **Environmental Science & Technology**, v. 42, n. 13, p. 4958-4963, 2008.

ZHANG, X.; DENG, S. H.; ZHANG, Y. Z. ; YANG, G.; LI, L.; QI, H.; XIAO, H.; WU, J.; WANG, Y. J.; SHEN, F. Emergy evaluation of the impact of waste exchanges on the sustainability of industrial systems. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 2, p. 206-216, 2011.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K. Green supply chain management innovation diffusion and its relationship to organizational improvement: an ecological modernization perspective. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 29, n. 1, p. 168-185, 2012.



2

Robson Luiz Montanari
Luiz Alberto Pilatti

***OS HOMENS E AS EQUIPES DE
TRABALHO NO AMBIENTE PRODUTIVO***

INTRODUÇÃO

Em decorrência da necessidade de respostas rápidas, os recursos humanos tiveram seus papéis redesenhados nas organizações. O emprego deslocou o foco do processo de profissionalização do fazer para o saber fazer; de um trabalho individual em um posto específico para o trabalho coletivo. Na visão de Claver-Cortés, Zaragoza-Sáez e Pertusa-Ortega (2007), as empresas estão buscando, nas estruturas mais flexíveis, subsídios para superar as adversidades diárias. Para Sacomano Neto e Escrivão Filho (2000), a abertura dos mercados para a concorrência internacional exigiu das empresas brasileiras esforços significativos para atingir patamares competitivos. Bejarano (2006), ao analisar a questão, destaca que a busca constante por melhorias na *performance* organizacional é uma realidade.

A busca pela produtividade conduziu as organizações a investir em equipes como parte da sua estrutura organizacional (BEJARANO, 2006). Drucker (2001) faz essa constatação e destaca que o trabalho em equipe não é bom nem desejável, é um fato. Sempre que as pessoas trabalham ou jogam em conjunto, elas o fazem em equipe. Outros autores como Chang (1999) e Katzenbach e Smith (2001) relatam que as equipes são fundamentais para o desempenho empresarial. Não obstante, Moscovici (2003) e Drucker (2001) apontam que a presença de equipes no ambiente empresarial não passa de um clichê. Bejarano e Pilatti (2008) e Gilley et al. (2010) comentam que as literaturas comerciais influenciam as empresas a desenvolverem o trabalho em equipe; na prática, porém, observa-se que pouco se sabe sobre implantar ou utilizar equipes, para obter o máximo desempenho conjunto.

Esta problemática fica evidente entre pesquisadores do assunto que abordam equipes e produtividade. Costa (2003), em seu estudo, discute a importância da confiança na eficácia da equipe, aponta que o ciclo de vida das equipes e o grau de familiaridade entre os membros são variáveis fundamentais para maximizar o seu desempenho. Montanari e Pilatti (2009) e Thomaz e Kovaleski (2006) pesquisaram os estilos de trabalhar em grupo e suas contribuições nos processos de construção do conhecimento organizacional. Os pesquisadores inferiram que diferentes estilos de trabalhar em grupo não contribuem efetivamente para a construção do conheci-

mento na empresa. Esses resultados, segundo Robbins (1999), Katzenbach e Smith (2001), Moscovici (2003) e Bejarano (2006), não são os ideais, pois equipes eficazes necessitam de habilidades complementares entre os membros.

Formar ou conduzir equipes produtivas não é tarefa fácil, mesmo quando se podem reunir os melhores talentos individuais. Na visão de Moscovici (2001, p. 103), “[...] o mesmo grupo não age nem reage de forma semelhante aos mesmos estímulos”. A qualidade das relações na equipe afeta o desempenho do grupo para a realização de tarefas (GUERRA, 2002). Diante das mudanças estruturais nas organizações e das indicações de que o trabalho em equipe está cada vez mais presente no ambiente empresarial, torna-se imperativo um entendimento mais abrangente sobre as circunstâncias, envolvendo as equipes de trabalho no ambiente produtivo. Assim, o presente estudo tem por objetivo analisar as influências dos diferentes comportamentos no grupo através do desempenho das equipes.

REFERENCIAL TEÓRICO

OS HOMENS E SEUS COMPORTAMENTOS

O comportamento dos homens é percebido pelas suas atitudes. Maximiano (2000) faz essa constatação e observa que à medida que os homens mudam sua atuação, adaptam-se a novos comportamentos, transformando-se e interagindo com o meio organizacional. Para Maximiano (2000), Ferreira, Reis e Pereira (2001), Chiavenato (2004) e Silva (2004), embasados nas teorias administrativas, o comportamento do homem é determinado por cinco variáveis interdependentes – tarefa, estrutura, pessoas, tecnologia e ambiente. A interação dessas variáveis é sumarizada na Figura 1.

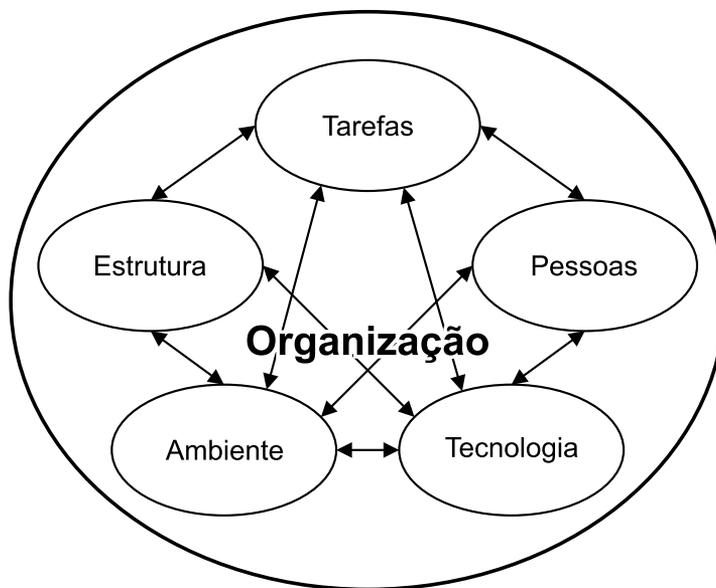


Figura 1 - As cinco variáveis básicas da teoria geral da administração

Fonte: Chiavenato (2004, p. 14).

À luz das teorias administrativas e da sociologia – Etzioni (1967), Elias (1980), Ramos (1984), Kwasnicka (1995), Faria (1997), Maximiano (2000), Coury (2001), Ferreira, Reis e Pereira (2001), Chiavenato (2004) e Silva (2004) – identificam-se diferentes comportamentos associados às ênfases de cada teoria (tarefas, pessoas, estrutura, ambiente e tecnologia), permitindo classificar esses comportamentos em modelos de homem que são sumarizados no Quadro 1.

Homem econômico Taylor e Fayol	Pessoa isolada. Visualiza o trabalho como meio de ganhar a vida. Sente-se motivado pelas recompensas salariais ou prêmios de produção que influenciam os esforços individuais no trabalho.
Homem social Teoria das Relações Humanas	Pessoa sociável. Prefere trabalhar e participar de atividades em grupo, pois assim sente-se valorizada e empenha-se em realizar seu trabalho. Motiva-se quando reconhecida pelo grupo de trabalho.
Homem organizacional Teoria da Burocracia	Pessoa isolada. Tem facilidade para cooperar e flexibilidade para desempenhar diversos papéis. Motiva-se buscando a realização e, para isso, tem condições de tolerar frustrações e adiar recompensas.
Homem administrativo Teoria Comportamentalista	Pessoa racional. Procura a maneira satisfatória e não a melhor maneira de se fazer um trabalho. Toma decisões de acordo com a organização, a fim de evitar incertezas e sente-se motivada agindo desta forma.
Homem complexo Teoria da Contingência	Pessoa que não apenas recebe insumos do ambiente, mas reage aos mesmos e adota uma posição proativa, antecipando-se e provocando mudanças no meio ambiente. Sente-se motivada agindo desta forma, pois os objetivos da organização são seus também.

Quadro 1 - Comportamentos dos homens

Fonte: Autoria própria (2014).

Os diferentes comportamentos no ambiente produtivo fazem parte da problemática do presente estudo, pois o desempenho do trabalho coletivo está intimamente associado à presença de comportamentos conducentes aos processos em grupo. Moscovici (2001) destaca duas dimensões nas relações dos processos em grupo: intrapessoal e interpessoal. A primeira se refere à relação ‘eu-eu’, que diz respeito ao conjunto reacional da pessoa, na sua motivação e ideologia que influenciam na interpretação de cada situação interpessoal e grupal. A segunda é a relação ‘eu-outro’ que pode variar desde afetuosas, favoráveis à cooperação, passando por relações superficiais, de aparente cordialidade e até de conflitos.

No entanto, a identidade dos indivíduos está relacionada às relações de ‘nós’ e de ‘eles’ no grupo. Os pronomes (‘nós’ e ‘eles’) nem sempre se referem às mesmas pessoas, pois as configurações no grupo podem sofrer alterações. Assim, os membros de um grupo podem se aduzir a ‘nós’ se referindo a si mesmos e a ‘eles’. Ou ainda, podem se referir a outros como ‘nós’ ou ‘eles’, indicando diferentes pessoas (ELIAS, 1980).

Embasado na obra *Os Estabelecidos e os Outsiders* de Norbert Elias e Johan L. Scotson (2000), Gebara (2007) cita uma dimensão de relações em grupo associadas à construção de identidades. A identidade coletiva é a dimensão apresentada e sua constituição é estabelecida em função das diferentes relações existentes nos grupos. São os resultados dessas relações de interdependência que definirão a identidade individual e coletiva.

Elias (1980) utiliza a metáfora do jogo que aparece como um modelo para a percepção das interdependências entre indivíduos ou grupos. A reprodução das possíveis relações nos grupos ilustra o equilíbrio de forças em uma determinada rede de interdependência elucidando a construção da identidade coletiva. Na visão de Elias (1980, p. 81), “[...] os modelos de jogos ajudam a mostrar como os problemas sociológicos se tornam mais claros e como é mais fácil lidar com eles se os reorganizarmos em termos de equilíbrio [...]”.

O primeiro modelo de competição é chamado de primário e sem regras, e representa uma situação de indivíduos relacionando-se uns com os outros. No modelo é possível existir relação entre dois grupos não regulada por regras (ELIAS, 1980). O jogo de xadrez, por exemplo, é um modelo de competição em que os movimentos de um dependem dos movimentos do outro. Assim, não se pode explicar o comportamento de um sem analisar o do outro. A formação dos grupos e a construção de identidades coletivas no grupo estão associadas à interdependência e ao comportamento entre os jogadores.

O outro modelo de competição é o processo de interpenetração com normas. Nele, apresentam-se hipóteses que demonstram como as teias de relações mudam com a distribuição do poder. A primeira hipótese trata dos jogos entre dois indivíduos. O fator determinante neste tipo de competição é a proporção de poder existente entre os seus componentes. O poder qualifica o controle exercido por determinado jogador e, também, sofre mudanças no transcorrer do jogo. Imaginando-se um jogo entre dois indivíduos, A e B, em que A é muito forte e B é muito fraco, deduz-se que A possui maior capacidade de controle sobre B e sobre o jogo e, também, tem poder sobre o comportamento de B. Para Elias (1980), se a diferença entre a força de A e B diminuir no jogo, menos poder terá cada jogador para impor uma determinada tática ao outro. O modelo evidencia que a construção da identidade do grupo está intimamente associada à distribuição do poder que, por sua vez, sofre alterações ao longo do tempo em função dessas relações.

O outro modelo trabalhado por Elias (1980) é o de muitos indivíduos jogando ao mesmo tempo em um ambiente com um limitado número de relações independentes. Neste modelo, segundo o autor, A é mais poderoso e tem um alto grau de controle, tanto sobre o seu adversário como sobre o decurso do próprio jogo, como, por exemplo, um profissional de xadrez em jogo com outros jogadores, simultaneamente. Nesta visão, um jogo onde o jogador A joga contra vários adversários mais fracos, ao mesmo tempo, representa um enfraquecimento de A. Se o grupo formado pelos fracos não tiver perturbações internas fortes, isto constituirá um fator de poder em seu favor, possibilitando a formação de uma identidade coletiva.

Ainda com relação aos modelos de jogos, Elias (1980) destaca os jogos multi-pessoais, em que se estabelece uma dinâmica na qual cada jogador precisa esperar cada vez mais pela sua vez de jogar. Existe um limite para a expansão da teia de interdependência, no qual um jogador pode se orientar adequadamente planejando a sua estratégia pessoal para uma série de jogadas (ELIAS, 1980). Assim, o acréscimo de jogadores na dinâmica deste modelo torna cada vez mais improvável a execução de jogadas adequadas e pensadas, de modo que o desenvolver das interdependências evidenciará a impossibilidade de compreensão e controle do jogo. Neste modelo, observa-se a dificuldade para a construção de identidades coletivas, pois o acréscimo de jogadores prejudica a qualidade das relações existentes.

O subsequente modelo é o jogo de dois níveis do tipo oligárquico. Segundo Elias (1980, p. 93), neste modelo “[...] a pressão exercida sobre os jogadores individuais, devido a um aumento do seu número, pode provocar uma mudança dentro do grupo”. As ações são concretizadas tanto para fora como para dentro da teia de interdependência. Percebe-se a formação das alianças e cooperação nos diferentes níveis de interpenetração, contribuindo para a constituição de uma identidade coletiva. Essa dinâmica de jogo evidencia grau de complexidade que inviabiliza o indivíduo de orientar sua decisão por conta da superioridade ou da manifestação dos seus anseios e interesses no grupo.

Por fim, o modelo de jogo mais complexo, com dois níveis do tipo democrático crescentemente simplificado. Este modelo é marcado pela aproximação de jogadores de níveis mais baixos, cuja dinâmica consiste nas diferenças de poder entre os níveis

superiores e inferiores. Para Elias (1980), enquanto essas diferenças forem grandes, parecerá aos indivíduos de nível superior que os jogadores de nível inferior estão lá para os beneficiarem. À medida que o equilíbrio de poder se altera, as relações entre os jogadores também sofrem mudanças, contribuindo para a alteração da identidade do grupo.

As relações de interdependências, apresentadas por Elias (1980, p. 105) na metáfora de jogos, mostram uma forma de “[...] representar o caráter distintivo das formas de organização que encontramos no nível de integração que as sociedades humanas representam”. A formação de identidades coletivas, a partir das relações de interdependência, está associada ao trabalho coletivo, tratado nos modelos de jogos de Elias. Contudo, o homem no ambiente produtivo pode fazer parte não só de um grupo formal, mas também de um informal e não conhecido pela organização. Segundo Munck (1999), um grupo formal é criado e delineado para alcançar metas específicas; um grupo informal é constituído em função das necessidades humanas de interação com outros indivíduos, as quais, constantemente, ocorrem no ambiente organizacional.

A perspectiva eliasiana de compreensão da dinâmica social de grupos é fundamental para o entendimento da formação dos grupos. Para Coury (2001) associa a formação de grupos a três dimensões da sociogênese dos grupos: a produção da semelhança, a localização dos grupos e a sublimação dos grupos.

A primeira dimensão diz respeito à homogeneidade dos grupos a qual provém da imitação que os homens fazem dos outros homens, utilizando os mesmos objetos ou práticas, ou seja, a produção da semelhança e a constituição de uma identidade coletiva. A arte de reagrupar-se pode estimular os indivíduos a comporem grupos em determinados lugares, precisamente aqueles nos quais eles vão poder reencontrar seus semelhantes. A localização dos grupos é a segunda dimensão, na qual, o reagrupamento decorre de homens que já estão agrupados e daqueles em que o acaso ou o acidente fazem coabitar duradouramente. A terceira e última dimensão diz respeito à sublimação dos grupos, na qual se busca o significado para adotar uma definição social cada vez mais reconhecida pelos outros (COURY, 2001).

Cada grupo constrói sua própria característica emocional através da relação entre os seus membros. Quando as relações não se estabelecem adequadamente ao ambiente organizacional produtivo, surgem conflitos, competição e desagregação, que comprometem a qualidade e a intensidade das ações do grupo.

AS EQUIPES E O DESEMPENHO

As equipes podem representar um fator fundamental na busca de vantagens competitivas, pois os “[...] esforços individuais resultam em um desempenho, que é maior que a soma das contribuições de cada um dos indivíduos” (ROBBINS, 2001, p. 262). A sinergia, alcançada pela interação das habilidades dos integrantes do grupo, proporciona à equipe condições favoráveis (compromisso com o desempenho, compromisso com os objetivos da equipe e responsabilidades mútuas) para potencializar o desempenho.

O desempenho das equipes no ambiente produtivo é permeado por fatores internos e externos no trabalho coletivo. Bejarano (2006) delimitou fatores externos que dificultam o trabalho em equipe, relacionando-os a três elementos propostos como essenciais na implementação de equipes: estrutura, estratégia e seleção. A estrutura afeta a cultura e os modelos de gestão organizacional, a estratégia reflete-se em práticas de desenvolvimento de equipes e a seleção relaciona-se à necessidade de encontrar as pessoas adequadas para formar equipes. Chang (1999) e Bejarano et al. (2005b) apresentam fatores internos – esclarecer funções e responsabilidades, solucionar discordâncias, tomar decisões objetivas – que, também, dificultam o desempenho das equipes.

Schwartz (2007) associa o desempenho das pessoas a quatro estados da energia, como mostra a Figura 2.

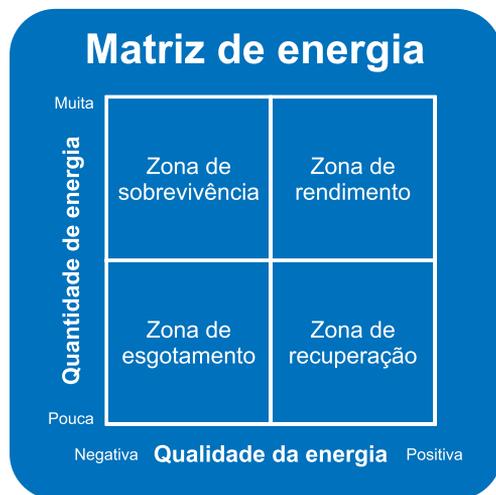


Figura 2 - Matriz de energia

Fonte: Schwartz (2007, p. 3).

Segundo Schwartz (2007), quando uma pessoa consegue colocar em prática todo seu potencial ela está entusiasmada, confiante, satisfeita, alegre e produtiva e esses sentimentos descrevem a Zona de rendimento. Contudo, poucas pessoas se mantêm na Zona de rendimento a maior parte do tempo. Para ele, as pessoas costumam se localizar na Zona de sobrevivência, onde mesmo com sensações de irritação e frustração, realizam o trabalho. A permanência na Zona de sobrevivência, por muito tempo, consumirá grande parte da energia e acabará levando a pessoa à Zona de esgotamento, onde será muito difícil trabalhar. O último quadrante, a Zona de recuperação está associada aos momentos de relaxamento que são poucos durante o trabalho. Assim, se faz necessário, alternar ciclos de gasto de energia com outros de renovação, como pequenas pausas durante o trabalho e as férias.

Para Montanari e Pilatti (2010), o desempenho das pessoas trabalhando coletivamente é fundamental nos processos de criação do conhecimento e traz influências significativas na *performance* da equipe. Karakowsky, McBey e Chuang (2004) destacam percepções e influências entre homens e mulheres trabalhando em equipes. Homens e mulheres podem alterar suas percepções na equipe baseando-se, por

exemplo, na qualidade de esforços despendidos. Montanari (2008) aponta que diferentes comportamentos dos membros da equipe trazem impactos sobre a forma de trabalhar.

Em linhas gerais, a *performance* das equipes está relacionada a inúmeros fatores que são interdependentes no trabalho coletivo. Na visão de Bejarano et al. (2005a), conduzir equipes na obtenção de melhor desempenho não é fácil, mesmo quando se pode reunir os melhores talentos individuais. Robbins e Finley (1997, p. 57) compartilham desta idealização e inferem que as pessoas em equipe são “[...] como as pessoas em qualquer outro lugar [...]”, ou seja, “[...] têm seus altos e baixos [...]”.

Não obstante, um fator a considerar e que está intimamente associado ao trabalho e desempenho das equipes, é a maturidade. O desempenho das equipes no ambiente produtivo é abordado por Montanari et al. (2011) que relacionam o desempenho dos grupos à sua maturidade. Observou-se que dentro de uma sequência evolutiva de funcionamento, as equipes aumentam a maturidade e tendem a influenciar positivamente o seu desempenho no ambiente produtivo em que estão inseridas. A maturidade é perspectivada por Hersey e Blanchard (1986) e Katzenbach e Smith (1994) como um fator de graduação e classificação do desempenho das pessoas em equipe.

Para Hersey e Blanchard (1986 p. 187):

[...] a maturidade é a capacidade e a disposição das pessoas de assumir a responsabilidade de dirigir seu próprio comportamento, devendo estas variáveis de maturidade serem consideradas somente em relação a uma tarefa específica a ser realizada.

Na visão de Katzenbach e Smith (1994), a maturidade está associada ao modo de funcionamento das equipes que podem ser classificadas de acordo com a sua maturidade em uma das cinco posições abaixo:

- a) pseudo-equipe: este tipo de grupo pode definir um trabalho a se fazer, sem se preocupar com o desempenho coletivo, nem tentar conseguí-lo. As interações dos membros inibem o desempenho individual, sem produzir nenhum ganho coletivo apreciável;

- b) grupo de trabalho: os membros desse grupo não veem nenhuma razão para se transformarem numa equipe. Podem partilhar informações entre si, porém, responsabilidades e objetivos, por exemplo, pertencem a cada indivíduo;
- c) equipe potencial: este grupo quer produzir um trabalho conjunto. No entanto, os membros precisam de esclarecimentos e orientações sobre sua finalidade e seus objetivos;
- d) equipe real: uma equipe real compõe-se de poucas pessoas, mas com habilidades complementares e comprometidas umas com as outras, através de missão e de objetivos comuns. Os membros passam a confiar uns nos outros;
- e) equipe de alta *performance*: este grupo atende a todos as condições de equipe real e tem um comprometimento profundo entre seus membros, com o intuito de crescimento pessoal de cada um.

A Figura 3 ilustra a curva de desempenho proposta por Katzenbach e Smith (1994). Na proposta é evidenciada uma sequência evolutiva dos grupos de trabalho até as equipes de alta *performance*.

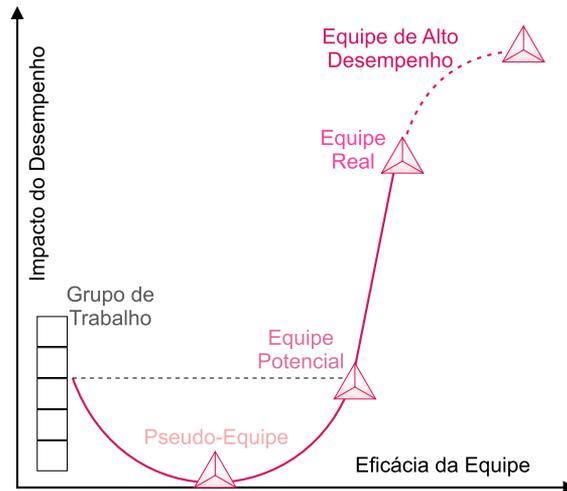


Figura 3 - Curva de desempenho

Fonte: Katzenbach e Smith (1994, p. 85).

A sequência evolutiva apresentada por Katzenbach e Smith (1994) mostra que o modo de funcionamento do grupo precisa seguir “[...] uma disciplina simples, porém contínua, para alcançar bom desempenho” (KATZENBACH, 1999, p. 57). Uma equipe é um grupo de pessoas com aptidões complementares e comprometidas com um objetivo comum, assim, o seu modo de funcionamento é responsável pela sua *performance*.

Drucker (2001) distingue três tipos de equipes pelo modo de funcionamento, considerando que qualquer grupo que trabalhe junto constitui uma equipe pela associação de valores, como compartilhamento, cooperação e ajuda mútua. Considera, ainda, que as equipes se diferem no comportamento, naquilo que fazem melhor e no que não podem realizar, ou seja, cada equipe ‘joga’ de uma maneira e apresenta dificuldades para mudar a sua tática. Assim, distinguem-se três tipos de equipes:

- a) os membros têm posições fixas, eles atuam na equipe, mas não em equipe. Por exemplo, uma equipe cirúrgica, uma equipe de beisebol ou uma linha de montagem;
- b) os membros têm posições fixas, mas atuam em equipe. Exemplificando, um time de futebol;
- c) os membros têm posições principais ao invés de fixas. Eles devem ‘cobrir’ seus companheiros de equipe, ajustando-se quando necessário. Exemplo: duplas de tênis ou conjunto de jazz.

Em contrapartida, Salomão (1999) considera que uma equipe é singularizada pelos resultados comuns obtidos por interatividade. A equipe, então, é caracterizada quando pessoas se juntam e oferecem suas competências, conjugando esforços, para fazerem coisas que são da responsabilidade do conjunto, mesmo que haja uma ‘chefia’ que se responsabilize por elas. Esta visão também é compartilhada por outros autores – Fisher, Hunter e Macrosson (1997), Katzenbach (1999), Sacomano Neto e Escrivão Filho (2000), Katzenbach e Smith (2001) e Moscovici (2003) – que relacionam o trabalho em equipe a objetivos comuns, ao compartilhamento de competências e de esforços. O fato de trabalharem em conjunto, o modo de funcionamento, não dá aos grupos, independentemente das posições que seus membros ocupem (fixas ou não), o status de ‘equipe’, contrariando o ideal de Drucker (2001).

O raciocínio de Drucker (2001) proporciona o entendimento de uma situação que nem sempre é suficientemente clara, pois nem todos os grupos têm a mesma finalidade. Em linhas gerais, não existem justificativas para uma equipe de futebol 'jogar' como uma dupla de tênis. Na primeira equipe existe a necessidade de trabalho interdependente, os 'jogadores' dependem uns dos outros, enquanto na segunda, não. E, também, não existem justificativas para uma equipe de beisebol 'jogar' como uma equipe de futebol, pois na primeira o trabalho é na equipe e não em equipe.

A mensuração da maturidade, vista como um elemento de classificação do desempenho da equipe, possibilitará um entendimento mais preciso no que tange ao modo de funcionamento das equipes no ambiente produtivo.

METODOLOGIA

O desenho da pesquisa caracteriza-se como complexa classificada por Vasconcelos (2002) como um estudo de caso do tipo *embeldded*, onde se pretende saber o que está acontecendo em um determinado contexto interdisciplinar com vários níveis. Os procedimentos metodológicos que nortearam a presente pesquisa são as orientações do Manual de Investigação em Ciências Sociais de Quivy e Campenhoudt (1998) e foram complementados pela obra *Estudo de Caso*, de Yin (2001).

A empresa objeto de estudo é uma indústria na área de eletrodomésticos no interior do Paraná, localizada na cidade de Pato Branco: Atlas Eletrodomésticos Ltda. O consentimento da empresa para realização da pesquisa e publicação dos resultados encontra-se em posse dos pesquisadores.

O procedimento técnico adotado envolveu a aplicação de entrevistas semiestruturadas, observações não participantes e a aplicação de dois questionários (em posse dos pesquisadores), para uma população composta de 130 membros. Por tratar-se de um estudo de caso cujo objetivo principal está associado ao trabalho em equipe no ambiente produtivo, sua população é composta pelos funcionários da empresa que trabalham em equipes. Para tanto, a população foi mapeada levando em consideração os preceitos de Katzenbach e Smith (1994): uma equipe pode ser definida como qualquer grupo de trabalho com um número relativamente pequeno de indivíduos

com trabalho interdependente, com objetivos e metas comuns e responsabilidade coletiva pelos resultados.

Os entrevistados receberam a sigla D (declarante) e as equipes a sigla E (equipe) e foram numeradas com algarismos arábicos para que seus membros não sejam identificados. O primeiro questionário utilizado foi a Escala de Maturidade das Equipes de Dyer (1995) e teve como objetivo apurar a maturidade das equipes para posterior classificação na curva de desempenho das equipes, proposta por Katzenbach e Smith (1994); o segundo questionário foi desenvolvido pelos pesquisadores e teve como objetivo apurar o comportamento de cada membro da equipe.

A construção do segundo questionário teve como base os comportamentos dos modelos de homens abordados na literatura. Os comportamentos foram organizados dentro da nomenclatura das teorias administrativas onde, em cada teoria, dependendo da ênfase que a mesma recebe (tarefas, pessoas, estrutura, ambiente e tecnologia), um modelo de homem é percebido: Homem econômico, Homem social, Homem organizacional, Homem administrativo e o Homem complexo. Quatro variáveis comuns (comportamento organizacional, incentivos, objetivos organizacionais e individuais e resultados almejados) foram identificadas nos modelos de homens e, para cada variável, 3 sentenças foram elaboradas, totalizando 12 sentenças para cada modelo de homem e 1 sentença global utilizada para auxiliar na definição do comportamento (61 questões no questionário).

Após a concepção do questionário foi aplicado um teste piloto, em uma empresa com as mesmas características de ambiente produtivo da empresa objeto de estudo, a fim de regular o grau de dificuldade e a interpretação das sentenças. Posteriormente, foi submetido a um juiz para dar o seu parecer e definir a versão para o teste e o reteste. O parecer do juiz sobre o instrumento, em posse dos pesquisadores, atesta que o questionário apresenta consistência e validade satisfatórias do conteúdo.

Em seguida, o segundo questionário foi aplicado em dois momentos distintos (diferença de 15 dias da primeira aplicação), na mesma empresa onde o teste piloto foi aplicado. O procedimento teve como objetivo fazer o teste e o reteste para aferir a confiabilidade do instrumento e comparar os resultados com os mesmos respondentes em momentos distintos. Os resultados mostraram-se confiáveis, pois 90,0% dos respondentes tiveram a mesma classificação do teste no reteste.

Por fim, após a aplicação do teste e do reteste, os resultados foram tabulados para o cálculo do Coeficiente Alfa de Cronbach (α), que apresenta uma estimativa de confiabilidade sobre o questionário. O coeficiente α encontrado para o instrumento global foi de $\alpha=0,8917$ no teste e de $\alpha=0,9015$ no reteste, o que pressupõe confiabilidade do segundo questionário. Os resultados apresentados, segundo Cronbach (1996), significam que o instrumento apresenta um coeficiente de confiabilidade e consistência interna considerado alto. Na visão de Pasquali (1999), valores maiores que 0,70 do coeficiente α são considerados satisfatórios e apresentam consistência desejada o que indica a confirmação dos pressupostos teóricos eleitos para a construção do instrumento.

A análise das informações buscou atender as últimas três condições relacionadas à qualidade do estudo de caso que são descritas por Yin (2001): validade interna, validade externa e confiabilidade. Segundo Vasconcelos (2002, p. 195), “[...] a solidificação desses conhecimentos se faz por meio das avaliações posteriores da comunidade científica e de novos estudos-testes através de replicações ou parciais dos mesmos procedimentos [...]”.

Para análise das entrevistas e das observações não participantes, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, seguindo as orientações de Minayo (2004). Em linhas gerais, os conteúdos das entrevistas e das observações não participantes foram organizados e separados por categorias de acordo com o referencial teórico. Em seguida, foi feita a análise dos dados buscando respostas à problemática.

O primeiro questionário foi analisado como proposto por Dyer (1995): somando inicialmente as pontuações das respostas de um questionário (R) e dividindo o resultado pelo número de perguntas do mesmo (n). Esse resultado indica o grau de maturidade da equipe sob o ponto de vista de um único membro (Mi). A soma das notas individuais (Mi), dividida pelo número de membros da equipe (N), confere a pontuação à equipe, ou seja, o nível de maturidade da equipe (ME).

O segundo questionário foi analisado transferindo as pontuações atribuídas pelos respondentes às sentenças para um quadro de respostas elaborado pelos pesquisadores. Após a transferência das pontuações, o maior resultado em um dos modelos de homem caracterizou o comportamento do respondente. Após a identificação das equipes na empresa estudada, da maturidade das equipes e do comportamento dos integrantes nas respectivas equipes, os resultados foram confrontados, conforme as recomendações de Triviños (1987) para triangulação dos dados.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

AS EQUIPES

A identificação e o mapeamento das equipes, as observações não participantes e a aplicação da Escala de Maturidade das Equipes de Dyer (1995) permitiram um mapeamento das equipes de trabalho na empresa. Foram identificados, pelo menos, 37 grupos ou equipes de trabalho. Cerca de 19 desses grupos não se enquadravam com a definição de equipe adotada como corte para o presente estudo. São exemplos as equipes cujas funções não são interdependentes e não há justificativas para aplicar os esforços comuns desses colaboradores.

O trabalho em equipe foi identificado nas equipes denominadas pela empresa de: esmaltação, fogão seis bocas, gerência, laboratório químico, líderes, medicina no trabalho, melhoria contínua, pintura, progressiva e recebimento. Todas as equipes têm um líder que, segundo o entrevistado D4, exerce a função de coordenar as equipes como mostra o relato: “[...] os líderes fazem reuniões com suas equipes e passam o que precisa ser melhorado, informando dados, quantidade de produtos a serem produzidos e as medidas que precisam ser tomadas”.

Os resultados com a escala de Dyer (1995) evidenciam que as equipes mapeadas apresentam um alto grau de maturidade, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Maturidade das equipes

Equipes	Maturidade	Equipes	Maturidade	Equipes	Maturidade
E1	4,0476	E7	3,5200	E13	3,7641
E2	4,1733	E8	3,5500	E14	3,6857
E3	3,6545	E9	3,8750	E15	4,2800
E4	4,2111	E10	3,8944	E16	4,0963
E5	3,7733	E11	3,9394	E17	4,2833
E6	4,7333	E12	3,4917	E18	4,6556

Fonte: Autoria própria (2014).

Nota: 130 pessoas participaram da pesquisa. Desses, 5 participavam de 2 equipes, 2 de 3 equipes, 1 de 4 equipes e 110 de uma única equipe.

Analisando o grau de maturidade e reportando as médias obtidas à avaliação apresentada por Dyer (1995), pode-se inferir que as equipes E3, E7, E8, E12 e E14 são equipes em potencial que, segundo Katzenbach e Smith (1994), representam um grupo que quer produzir um trabalho conjunto, mas seus membros precisam de esclarecimentos sobre sua finalidade e seus objetivos. As equipes E1, E2, E4, E5, E6, E9, E10, E11, E13, E15, E16, E17 e E18 são equipes reais ou verdadeiras e, na visão de Katzenbach e Smith (1994), são compostas de poucas pessoas, mas com habilidades complementares e comprometidas umas com as outras através de missão e de objetivos comuns. As médias de maturidade que se aproximam da classificação de equipe de alta *performance* são observadas nas equipes E18 e E6 que, para Katzenbach e Smith (1994), são grupos que atendem a todas as condições de equipe real e têm um comprometimento profundo entre seus membros, com o intuito de crescimento pessoal de cada um.

OS HOMENS E SEUS COMPORTAMENTOS

As entrevistas demonstraram que os comportamentos abordados nesta pesquisa estão presentes nas equipes em estudo. Estes resultados foram confirmados com o instrumento desenvolvido pelos pesquisadores, pois os comportamentos estão distribuídos nas equipes com as mais diversas formações, contemplando todos os comportamentos que o instrumento se propôs a mapear. O Gráfico 1 aponta os comportamentos mapeados.

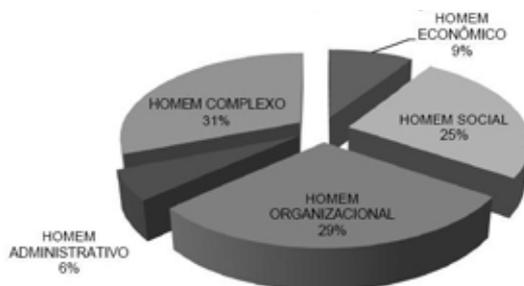


Gráfico 1 - Modelos de homem mapeados

Fonte: Autoria própria (2014).

Os comportamentos mapeados confirmaram o relato do entrevistado D3 ao mencionar que o comportamento caracterizado por Homem econômico não está presente em grande número. Contudo, observa-se uma divergência de opiniões entre os entrevistados D1 e D4 em relação ao desempenho desse Homem econômico nas equipes. Para o entrevistado D1, o desempenho de uma pessoa com o comportamento do Homem econômico é considerado bom e “[...] normalmente são mais produtivos”, para o entrevistado D4, não. Para Faria (1997), o Homem econômico apresenta um comportamento motivado a trabalhar pelo medo da fome e pela necessidade de dinheiro para sobreviver.

Os comportamentos do Homem social são pautados pela necessidade de trabalho em grupo e são dependentes das interações sociais, como evidenciam Etzione (1967), Chiavenato (2004) e Faria (1997). Proporcionalmente ao número de homens e mulheres nas equipes em estudo, o comportamento que mais caracterizou as mulheres foi o Homem social, com 33,3%. Resultados convergentes com os de Karakowsky, McBey e Chuang (2004) que evidenciam percepções diferentes no comportamento entre homens e mulheres na equipe.

Depois do Homem complexo, o comportamento do Homem organizacional é o que está mais presente nas equipes, principalmente naquelas que têm suas atividades voltadas à produção (E1 a E12), 70,7% dos membros dessas equipes foram caracterizados com este comportamento. Segundo Chiavenato (2004), Silva (2004), Faria (1997) e Ramos (1984), o Homem organizacional tem um comportamento marcado por ser um indivíduo que reage como ocupante de cargo; tem flexibilidade diante das mudanças e dos novos relacionamentos; tem tolerância às frustrações para evitar o desgaste emocional; possui capacidade de adiar as recompensas e compensar com o trabalho rotineiro dentro da organização, em detrimento das preferências e das vocações pessoais.

O comportamento que menos está presente nas equipes é o comportamento do Homem administrativo que, segundo Maximiano (2000) e Chiavenato (2004), é um indivíduo racional e tomador de decisões, dentro de uma racionalidade limitada pela escassez de informações que pode obter e processar, que se comporta buscando soluções satisfatórias e não soluções ótimas.

O comportamento que caracteriza o Homem complexo é o que mais está presente nas equipes e o que mais prevalece entre os líderes das equipes; 50,0% dos líderes foram caracterizados por este modelo. Segundo Chiavenato (2004) e Faria (1997), o Homem complexo apresenta comportamentos dirigidos para objetivos; é um indivíduo que não apenas recebe insumos do ambiente, mas reage e adota uma posição proativa; e, é um indivíduo que provoca mudanças.

OS HOMENS E AS EQUIPES

Com os resultados obtidos através da Escala de Maturidade das Equipes de Dyer (1995) e do instrumento desenvolvido pelos pesquisadores, os comportamentos foram mapeados nas equipes e são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Comportamentos por equipe

Equipe	Me	Classificação	H1	H2	H3	H4	H5
E1	4,0476	Equipe real ou verdadeira	0,0	14,3	57,1	0,0	28,6
E2	4,1733	Equipe real ou verdadeira	0,0	20,0	40,0	0,0	40,0
E3	3,6545	Equipe potencial	9,1	27,3	27,3	0,0	36,3
E4	4,2111	Equipe real ou verdadeira	50,0	16,7	33,3	0,0	0,0
E5	3,7733	Equipe real ou verdadeira	0,0	40,0	40,0	0,0	20,0
E6	4,7333	Equipe alta performance	0,0	28,6	14,3	57,1	0,0
E7	3,5200	Equipe potencial	20,0	20,0	40,0	20,0	0,0
E8	3,5500	Equipe potencial	25,0	12,5	25,0	0,0	37,5
E9	3,8750	Equipe real ou verdadeira	25,0	37,5	25,0	0,0	12,5
E10	3,8944	Equipe real ou verdadeira	0,0	50,0	25,0	0,0	25,0
E11	3,9394	Equipe real ou verdadeira	18,2	9,1	45,4	9,1	18,2
E12	3,4917	Equipe potencial	12,5	25,0	12,5	0,0	50,0
E13	3,7641	Equipe real ou verdadeira	0,0	15,4	23,1	0,0	61,5
E14	3,6857	Equipe potencial	0,0	57,1	14,3	0,0	28,6
E15	4,2800	Equipe real ou verdadeira	0,0	10,0	50,0	0,0	40,0
E16	4,0963	Equipe real ou verdadeira	11,2	33,3	22,2	0,0	33,3
E17	4,2833	Equipe real ou verdadeira	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0
E18	4,6556	Equipe alta performance	0,0	33,3	16,7	0,0	50,0

Fonte: Autoria própria (2014).

Nota: ME – Maturidade da equipe; H1 – Homem econômico; H2 – Homem social; H3 – Homem organizacional; H4 – Homem administrativo; H5 – Homem complexo.

Observa-se nas equipes classificadas como equipe potencial (equipes E3 – 3,6545, E7 – 3,5200, E8 – 3,5500, E12 – 3,4917 e E14 – 3,6857) que a distribuição dos comportamentos nas equipes com menor maturidade (E3, E7, E8 e E12) é mais equilibrada, comparada às demais equipes. Nessas equipes, com exceção da equipe E14 que se aproxima de uma equipe real ou verdadeira, quatro comportamentos estão presentes e uma constante é a presença do comportamento do Homem econômico. Resultado divergente das equipes E3, E7, E8 e E12 é visto na equipe E4 que possui a quinta maior maturidade das equipes, é classificada como equipe real ou verdadeira, demonstrando alta maturidade (ME) e 50,0% de seus membros foram caracterizados como Homem econômico (H1).

Nas equipes com classificação de equipe real ou verdadeira (E1, E2, E4, E5, E9, E10, E11, E13, E15, E16 e E17) – com exceção das equipes E17 – 4,2833, E16 – 4,0963 e E11 – 3,9394 que, respectivamente, dois, quatro e quatro comportamentos diferentes estão presentes – nota-se uma distribuição dos comportamentos menos equilibrada, apresentando um ou dois comportamentos que prevalecem em maior número na equipe. São exemplos os casos das equipes E2, E5, E10 e E13 que apresentam três comportamentos, onde um modelo predomina e dois apresentam-se com porcentagens semelhantes.

As equipes com classificação de equipes de alta *performance* (E6 e E18), embora apresentando três comportamentos diferentes, onde prevalece um comportamento igual ou maior que 50,0% do total de integrantes da equipe e dois comportamentos com porcentagens distintas. Na equipe E6 os comportamentos estão distribuídos: 57,1% dos membros Homem administrativo (H4), 28,6% do Homem social (H2) e 14,3% do Homem organizacional (H3). Na equipe E18, 50,0% dos membros foram caracterizados com o comportamento do Homem complexo (H5), 33,3% com o comportamento do Homem social (H2) e 16,7% com o comportamento Homem organizacional (H3). Uma constante nessas equipes é a não presença do comportamento Homem econômico (H1) e a presença dos comportamentos do Homem social e organizacional.

Os resultados apresentados demonstram que nas equipes onde há a predominância de um comportamento, independente do modelo de homem, a *performance* da equipe tende a ser maior. São os casos das equipes E1, E4, E6, E9, E10, E11, E13, E15 e E18. As equipes E2, E5, E14 e E17 apresentam resultados divergentes: nas equipes E2, E5 e E17 há dois modelos de homem que prevalecem e na equipe E14

que, embora prevalecendo um só modelo de homem em maior número, não apresenta maturidade para caracterizá-la como equipe real ou verdadeira. A Figura 4 sumariza a porcentagem dos modelos que prevaleceram nas equipes de melhor *performance* (E1, E4, E6, E9, E10, E11, E13, E15 e E18) e suas respectivas maturidades.

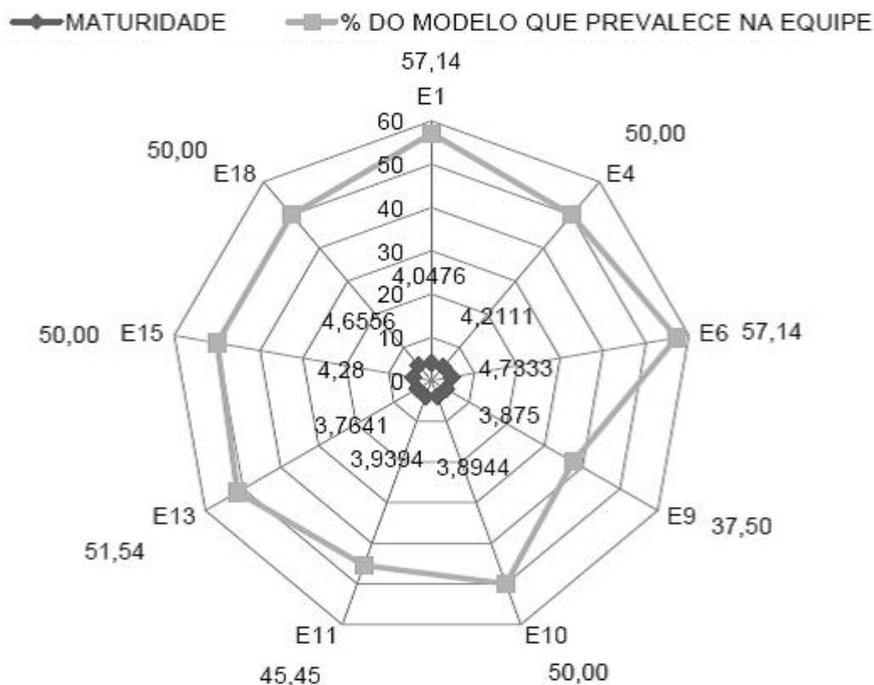


Figura 4 - Maturidade da equipe x modelos de homem que prevaleceram na equipe

Fonte: Autoria própria (2014).

Nas diferentes configurações das equipes em estudo, observa-se uma dinâmica onde a diversidade de comportamentos caracterizou as equipes com maturidade mais baixa (E9, E10 e E11) e, nas equipes onde prevalece um comportamento em maior número (E1, E4, E6, E13, E15 e E18), a maturidade é mais alta. A Figura 5 é uma adaptação da curva de desempenho de Katzenbach e Smith (1994) que sumariza os resultados desta pesquisa.

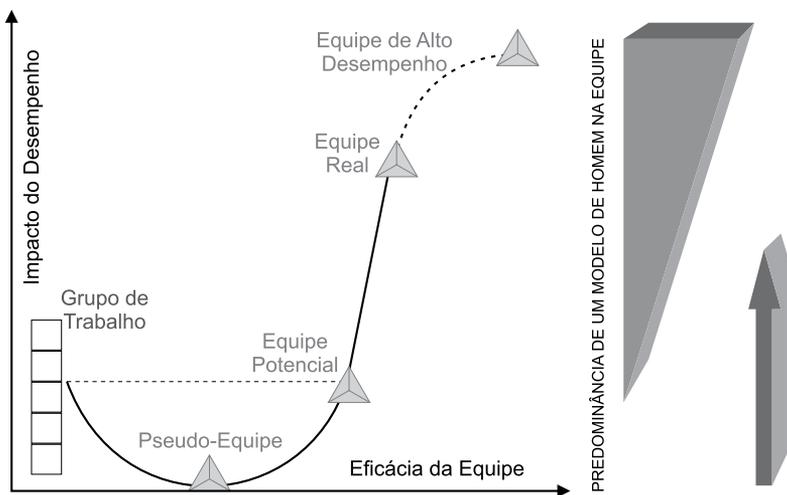


Figura 5 - Curva de desempenho x comportamentos

Fonte: Adaptado de Katzenbach e Smith (1994, p. 85).

As diferentes configurações sociais nas equipes em estudo permitem uma analogia sob a ótica eliasiana, onde o trabalho em equipe é visto a partir de relações de interdependência abordadas por esse autor como metáforas de jogos. Elias (1980) destaca o modelo de jogo multipessoal a vários níveis e o jogo de dois níveis do tipo oligárquico que explicam com propriedade as diferentes configurações dos modelos de homem nas equipes. O primeiro modelo de jogo estabelece uma dinâmica onde cada jogador (membro de equipe) precisa esperar, cada vez mais, pela sua vez de jogar e planejar adequadamente sua estratégia pessoal para uma série de jogadas. O segundo estabelece uma dinâmica onde a pressão exercida sobre os jogadores individuais (membros de equipe) pode provocar uma mudança. A mudança pode originar dois níveis de jogadores que se mantêm interdependentes, mas que não atuam diretamente uns contra os outros.

Em função de um número maior de membros com comportamentos diferentes, as relações grupais 'eu-outro' tendem a se tornar mais difíceis, como explica Moscovici (2001): as relações podem variar desde afetuosas, favoráveis à cooperação, passando por relações superficiais, de aparente cordialidade e, até de conflitos. Para

Elias (1980), se a afetividade é complexa no relacionamento entre duas pessoas, a complexidade aumenta quando há uma rede de interdependências de relacionamentos. Assim, as relações de interdependência representam no trabalho um fator que pode colaborar ou não para com a *performance* da equipe.

Guerra (2002) discute o relacionamento nas equipes e apresenta uma ótica convergente com a visão eliasiana, pois, para esse autor, quando as relações não se estabelecem de forma favorável surgem conflitos e competições que comprometem o desempenho da equipe.

Nas equipes com menos níveis multipessoais e menos indivíduos com comportamentos diferentes, as relações de interdependência tendem a se estabelecer com mais qualidade favorecendo o desempenho da equipe no ambiente produtivo. Tal constatação se dá devido ao fato de que a complexidade aumenta em função do número de jogadores e as peculiaridades de cada equipe são variáveis, uma vez que influenciam o jogo entre os homens na busca pelo poder.

As diferentes configurações das equipes em estudo mostram outro ângulo de entendimento do poder no que se refere ao comportamento do líder da equipe em relação aos comportamentos (modelos de homem) dos liderados. Os resultados em algumas equipes (E2, E3, E5, E7, E13, E16, E17 e E18) refletem o pensamento de Coury (2001) que utiliza a ótica de Elias para a compreensão da dinâmica social de equipes: as relações de interdependência. Coury (2001) associa a coletividade a três dimensões: a produção da semelhança, a localização dos grupos e a sublimação dos grupos. Nas equipes (E2, E3, E5, E7, E13, E16, E17 e E18), a primeira e a terceira dimensões são observadas, pois seus traços específicos marcam as relações decorrentes do trabalho coletivo e, neste ponto, a ótica sobre o poder é percebida.

São nas equipes E2, E3, E5, E7, E13, E16, E17 e E18 que o líder é caracterizado pelo mesmo comportamento que prevalece na equipe, demonstrando a existência de relações de poder manifestadas na produção da semelhança e na sublimação do grupo que é a necessidade que esses membros têm de se unir a outros membros, em busca do reconhecimento social.

A análise de Gebara (2007), embasado na obra *Os Estabelecidos e os Outsiders* de Norbert Elias e Johan L. Scotson (2000), possibilita um entendimento mais amplo dessa dinâmica social e permite desnudar identidades coletivas nas equipes em estudo. As possíveis relações de poder líderes-liderados e as relações de interdepen-

dência entre os indivíduos nas equipes definem uma identidade de nós na equipe, que é visualizada pelos indivíduos caracterizados com o mesmo comportamento. Nas equipes E2, E13, E16, E17 e E18 observam-se melhores percepções de seus membros em relação ao líder da equipe, o que, em síntese, explica a produção da semelhança e a criação de uma identidade coletiva nessas equipes.

Em linhas gerais, a produção da semelhança e a sublimação do grupo em algumas equipes (E2, E13, E16, E17 e E18) são consequências do grau de dependência entre os membros que, segundo Coury (2001), define a quantidade de poder que um possui em relação ao outro, atuando na *performance* da equipe.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes configurações das equipes caracterizaram uma dinâmica na qual a diversidade de comportamentos está associada a equipes com maturidade mais baixa. Nas equipes em que um modelo de homem prevaleceu, a maturidade é mais alta, confirmando a curva de desempenho preconizada por Katzenbach e Smith (1994).

Com relação a esses resultados, pode-se utilizar a analogia feita por Drucker (2001), quando compara o trabalho em equipe a um conjunto de *jazz*: os membros devem ‘cobrir’ seus companheiros de equipe, ajustando-se quando necessário, pois embora exercendo funções diferenciadas, a perfeita sintonia somente é percebida se todos os integrantes estiverem harmonizados entre si. A sintonia, no caso em questão, é evidenciada na predominância de um comportamento nas equipes com melhor *performance* que auxilia nas relações entre os membros.

Assim, à medida que aumenta a predominância de um comportamento na equipe, a sua *performance* tende a ser maior, pois essa configuração propicia a criação de uma identidade coletiva, na qual os indivíduos trabalham com comportamentos favoráveis às atitudes da equipe, com motivações singulares, objetivos profissionais e pessoais similares e buscando os mesmos resultados.

O comportamento do líder da equipe em relação aos comportamentos (modelos de homem) dos liderados também é um elemento a se observar, pois, nas equipes em

estudo, os resultados caracterizaram a existência de relações de poder manifestadas na produção da semelhança e na sublimação do grupo, como apresentado por Coury (2001). Os membros buscam se unir a outros membros em busca do reconhecimento social, o que justifica a configuração de algumas equipes (E2, E3, E5, E7, E13, E16, E17 e E18), onde o líder é caracterizado pelo mesmo comportamento que prevalece na equipe.

Observou-se que, em equipes com menos membros de comportamentos diferentes, com predominância de um modelo de homem, as relações de interdependência tendem a se estabelecer com mais qualidade, consolidando fortemente a *performance* da equipe em função da redução da complexidade que aumenta em decorrência do número de membros e das suas particularidades.

Conclui-se que a configuração de uma equipe, com predominância de um comportamento, apresenta uma dinâmica de relações favoráveis à interdependência entre os homens no trabalho em equipe. Consegue-se equilibrar as relações de poder e a força dos jogadores (membros de equipe), possibilitando a construção e o desenvolvimento de equipes com comportamentos conducentes à cooperação, ao trabalho produtivo e à alta *performance*.

REFERÊNCIAS

BEJARANO, V. C. **Elementos essenciais à implementação de equipes:** um estudo de caso da indústria de papel. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2006.

BEJARANO, V. C.; PILATTI, L. A. Elementos externos essenciais à implementação de equipes: um estudo de caso. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 17-29, jan./mar. 2008.

BEJARANO, V. C.; PILATTI, L. A.; CARVALHO, H. G.; OLIVEIRA, A. C. Equipes e comunidades de prática como estruturas complementares na gestão do conhecimento organizacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2005, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: ABEPRO, 2005a.

BEJARANO, V. C.; PILATTI, L. A.; OLIVEIRA, A. C.; KOVALESKI, J. L. Como formar equipes com equilíbrio ideal de personalidades e perfis pessoais: a teoria e as ferramentas de Meredith Belbin. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 33., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG, 2005b.

CHANG, R. Y. **Construindo uma equipe de sucesso**. São Paulo: Futura, 1999.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

CLAVER-CORTÉS, E.; ZARAGOZA-SÁEZ, P.; PERTUSA-ORTEGA, E. Organizational structure features supporting knowledge management processes. **Journal of Knowledge Management**, v. 11, n. 4, p. 45-57, 2007.

COSTA, A. C. Work team trust and effectiveness. **Personnel Review**, v. 32. n. 5, p. 605-622, 2003.

COURY, G. Norbert Elias e a construção dos grupos sociais: da economia psíquica à arte de reagrupar-se. In: GARRIGOU, A.; LACROIX, B. (Org.). **Norbert Elias: a política e a história**. São Paulo: Perspectiva, 2001.

CRONBACH, J. L. **Fundamentos da testagem psicológica**. 5. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

DRUCKER, P. **Administrando em tempos de grandes mudanças**. 5. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

DYER, W. **Team building**. 3. ed. New York: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1995.

ELIAS, N. **Introdução à sociologia**. São Paulo: Martins Fontes, 1980.

ETZIONI, A. **Organizações complexas: um estudo das organizações em face dos problemas sociais**. São Paulo: Atlas, 1967.

FARIA, J. C. **Administração: introdução ao estudo**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

FERREIRA, A. A.; REIS, A. C. F.; PEREIRA, M. I. **Gestão empresarial: de Taylor aos nossos dias**. São Paulo: Pioneira, 2001.

FISHER, S. G.; HUNTER, T. A.; MACROSSON, W. D. K. Team or group?: Managers' perceptions of the differences. **Journal of Managerial Psychology**, v. 12, n. 4, p. 232-242, 1997.

GEBARA, A. As relações de poder no cotidiano. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO PROCESSO CIVILIZADOR, 10., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2007.

GILLEY, A.; GILLEY, J. W.; MCCONNELL, W.; VELIQUETTE, A. The competencies used by effective managers to build teams: an empirical study. **Advances in Developing Human Resources**, v. 12, n. 1, p. 29-45, 2010.

GUERRA, A. V. **Desenvolvimento de equipes**: uma abordagem através de tecnologias da educação a distância. 2002. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

HERSEY, P.; BLANCHARD, K. H. **Psicologia para administradores**: as teorias e as técnicas da liderança situacional. São Paulo: EPU, 1986.

KARAKOWSKY, L.; McBEY, K.; CHUANG, Y. Perceptions of team performance: the impact of group composition and task-based cues. **Journal of Managerial Psychology**, v. 19, n. 5, p. 506-525, 2004.

KATZENBACH, J. R. A disciplina das equipes. **HSM-Management**, São Paulo, n. 17, p. 56-60, nov./dez. 1999.

KATZENBACH, J. R.; SMITH, D. K. **Equipes campeãs**: desenvolvendo o verdadeiro potencial de equipes e líderes. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

KATZENBACH, J. R.; SMITH, D. K. **A força e o poder das equipes**. São Paulo: Makron, 1994.

KWASNICKA, E. L. **Introdução à administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 23. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

MONTANARI, R. L. **Os homens e as equipes de trabalho no ambiente produtivo**. 2008. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

MONTANARI, R. L.; PILATTI, L. A. La madurez del trabajo en equipo y los procesos de construcción del conocimiento organizacional y de la innovación tecnológica. **Espacios**, v. 31, n. 3, p. 47-48, 2010.

MONTANARI, R. L.; PILATTI, L. A. A influência do estilo de trabalhar em grupos nos processos de construção do conhecimento organizacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais ...** Salvador: ABEPRO, 2009.

MONTANARI, R. L.; PILATTI, L. A.; LIMA, I. A.; ROMANO, C. A. A maturidade e o desempenho das equipes no ambiente produtivo. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n. 2, p. 1-12, 2011.

MOSCOVICI, F. **Equipes dão certo**: a multiplicação do talento humano. 8. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2003.

MOSCOVICI, F. **A organização por trás do espelho**: reflexos e reflexões. 2. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2001.

MUNCK, L. **A efetiva formação de equipes de trabalho**: uma abordagem à luz das mudanças organizacionais. Caso: Coordenadoria de Recursos Humanos Universidade Estadual de Londrina-UEL. 1999. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PASQUALI, L. **Instrumentos psicológicos**: manual prático de elaboração. Brasília: IBAPP, 1999.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. **Manual de investigação em ciências sociais**. Lisboa: Gradiva, 1998.

RAMOS, A. G. Modelos de homem e teoria administrativa: ascensão do homem parentético. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 3-12, abr./jun. 1984.

ROBBINS, S. P. **Administração**: mudanças e perspectivas. São Paulo: Saraiva, 2001.

ROBBINS, S. P. **Comportamento organizacional**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ROBBINS, H.; FINLEY, M. **Por que as equipes não funcionam?** Rio de Janeiro: Campus, 1997.

SACOMANO NETO, M.; ESCRIVÃO FILHO, E. Estrutura organizacional e equipes de trabalho: estudo da mudança organizacional em quatro grandes empresas industriais. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 7, n. 2, p. 136-145, ago. 2000.

SALOMÃO, M. A. Desenvolvimento de equipes. In: BOOG, G. G. (Org.). **Manual de treinamento e desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1999.

SCHWARTZ, T. A energia dá a partida. **HSM-Management**, São Paulo, n. 62, maio/jun. 2007.

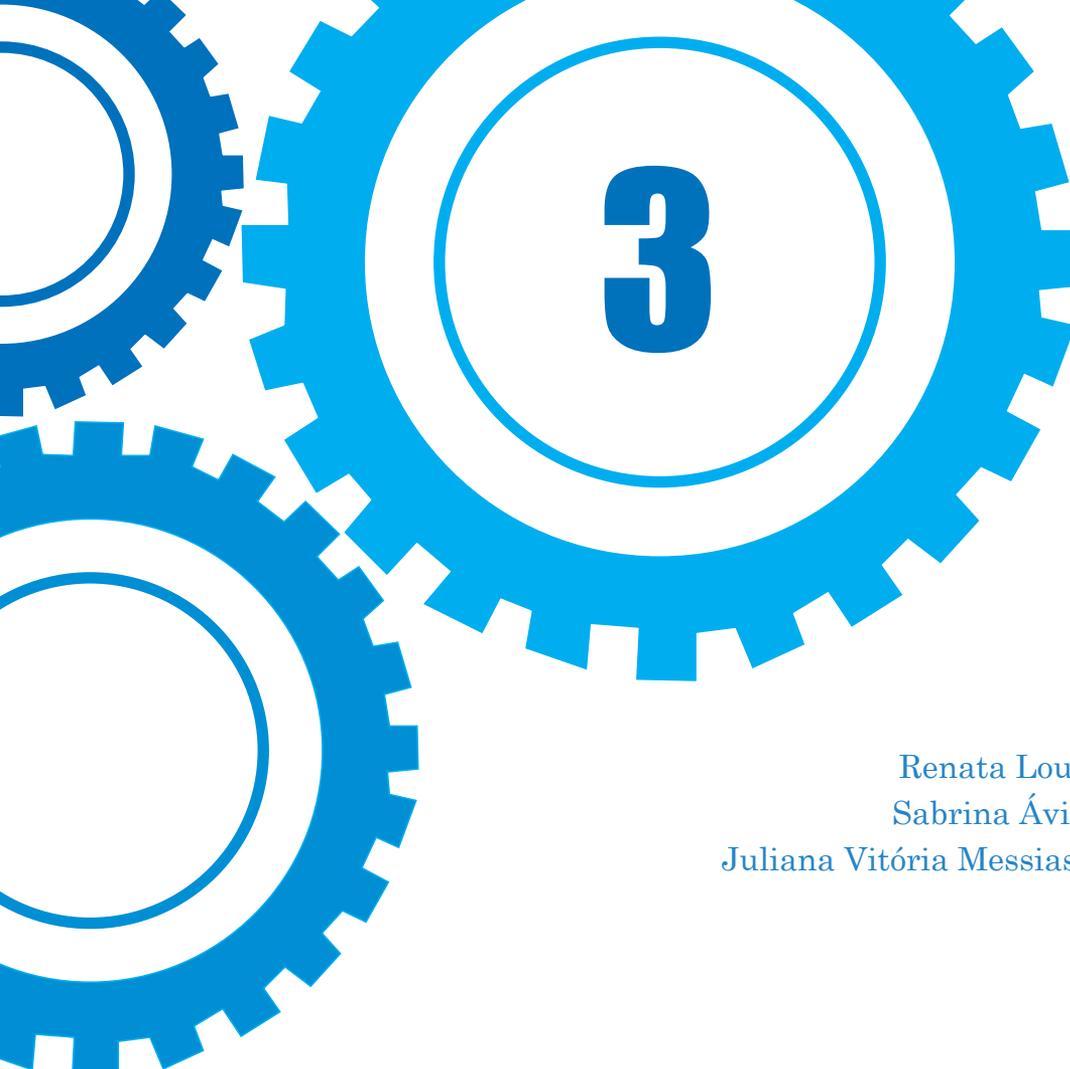
SILVA, R. O. **Teoria da administração**. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

TOMAZ, M. S.; KOVALESKI, J. L. Aspectos sobre compartilhamento de conhecimento tácito e estilos de trabalho em equipe: um estudo de caso em uma empresa de energia elétrica. In: OLIVEIRA, M. R. et al. (Org.). **Gestão estratégica para a competitividade**. Ponta Grossa: UEPG, 2006.

TRIVIÑOS, A. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1987.

VASCONCELOS, E. M. **Complexidade e pesquisa interdisciplinar**: epistemologia e metodologia operativa. Petrópolis: Vozes, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.



3

Renata Louize Samulak
Sabrina Ávila Rodrigues
Juliana Vitória Messias Bittencourt

***MONITORAMENTO VIA PCR
DE SALMONELLA SPP. NO
PROCESSAMENTO DE CARNE SUÍNA***

INTRODUÇÃO

O Brasil tem ocupado papel de destaque no mercado mundial como importante produtor de alimentos, demonstrando significativo potencial de produção e de exportação de alimentos de origem animal, dentre eles, a carne suína.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (2013), a região sul do Brasil concentra os três maiores produtores de carne suína do país, com o estado do Paraná ocupando o terceiro lugar. Com relação ao mercado externo, de janeiro a dezembro de 2013, os principais destinos da carne suína brasileira foram a Rússia e a China.

O aumento da produção de alimentos tem gerado uma preocupação inevitável com a segurança alimentar, uma vez que os alimentos podem ser veiculadores de doenças, representando um risco à saúde pública.

Para Marra (2009), a carne serve como substrato para a multiplicação de micro-organismos, devido ao seu alto valor biológico e sua composição química. As etapas anteriores à sua comercialização, quando realizadas inadequadamente, podem se transformar em fontes de contaminação, comprometendo a qualidade do produto final.

Assim, os produtos de origem animal possuem uma variedade de micro-organismos presentes naturalmente ou adquiridos durante o abate. Alguns podem se multiplicar na carne causando deterioração e redução da vida de prateleira. Outros representam um perigo à saúde dos consumidores por serem causas de intoxicações e de doenças infecciosas ou toxinfeciosas (INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS, 1997; CORTEZ, 2003).

Diversos estudos têm revelado presença de agentes patogênicos na carne suína e em produtos derivados (BORCH; NESBASKKEN; CHRISTEN, 1996; MCMULLEN, 2000; FORSYTHE, 2005; SANTOS et al., 2006). Segundo a Organização Mundial de Saúde, a *Salmonella* spp. tem sido um dos patógenos com maior envolvimento em doenças de origem alimentar (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2002).

Estudos desenvolvidos para verificar as condições sanitárias de carcaças suínas, bem como de embutidos derivados de carne suína, identificaram presença de *Salmonella* em suas amostras (MÜRMAN; SANTOS; CARDOSO, 2009; VAN DER GAAG et al., 2004; LIMA et al., 2004; DIAS et al., 2008; SPRICIGO et al., 2008; SEIXAS; TOCHETTO; FERRAZ, 2009).

Como método rápido de identificação deste patógeno, técnicas de diagnóstico molecular vêm sendo bastante utilizadas. Assim, o objetivo deste estudo é avaliar a segurança alimentar na produção de carne suína e embutidos quanto à presença de *Salmonella* spp. no processo produtivo via reação em cadeia da polimerase (PCR).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A coleta das amostras foi realizada em um frigorífico de suínos e fábrica de embutidos que atua sob o Serviço de Inspeção do Paraná, para Produtos de Origem Animal (SIP/POA). A empresa está localizada na região dos Campos Gerais, no Paraná.

Para avaliar os pontos de contaminação durante o processo produtivo, cinco suínos foram acompanhados desde o pré-abate até a fabricação de linguiça. Amostras dos animais, do ambiente e de utensílios utilizados nas diversas etapas do processo foram coletadas, totalizando 62 amostras. A Figura 1 mostra o fluxograma de produção bem como as respectivas amostras coletadas em cada uma das etapas do processo. Os pontos de coleta foram escolhidos intencionalmente, através de observações durante o processo de abate e de fabricação de embutidos.

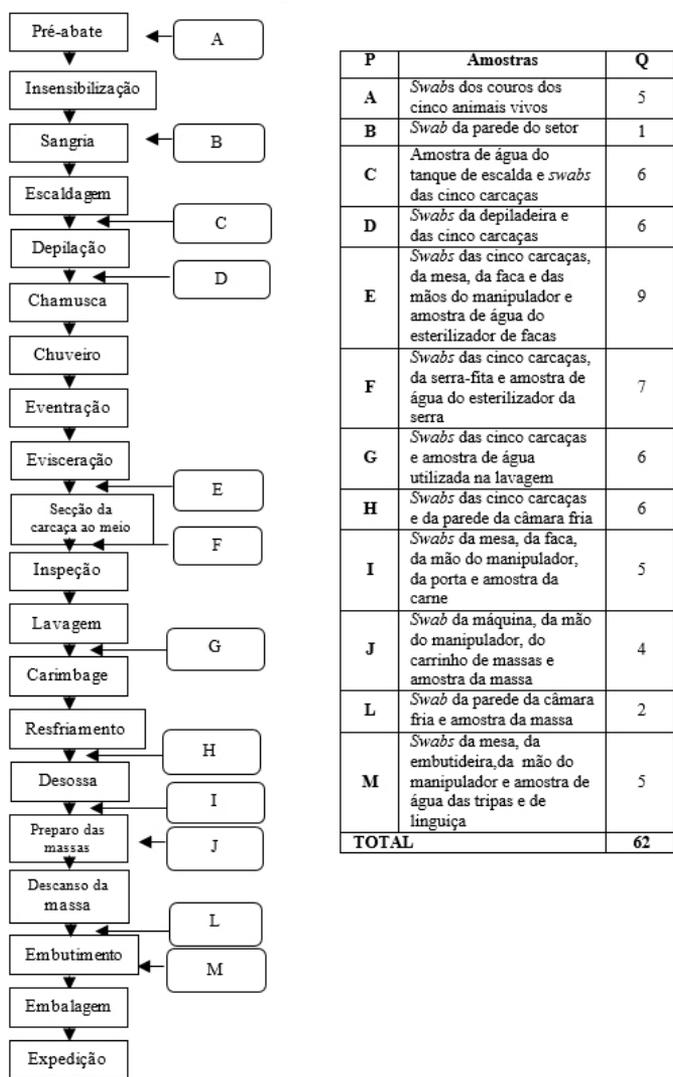


Figura 1 - Etapas do processo e pontos de amostragem

Fonte: Autoria própria (2012).

Nota: P: ponto; Q: quantidade.

Foi utilizada a técnica de esfregação de superfície (*swab*) que consiste na fricção de um cotonete estéril sobre a superfície a ser analisada, no interior de um molde estéril com área de 25 cm², revertendo-se a direção entre as sucessivas passagens (SILVA et al., 2007). Os cotonetes foram então mergulhados em tubos contendo 9 ml de água deionizada peptonada tamponada 0,1% (ADPT). A ADPT foi utilizada como meio para o pré-enriquecimento de *Salmonella* spp.

As amostras de água, de carne, de massa e de linguiça foram coletadas em frascos estéreis. Todas as amostras foram levadas, sob refrigeração, para o Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Câmpus Ponta Grossa.

As amostras de *swabs* foram imediatamente incubadas em estufa a 37,0°C por 24 horas. Já as amostras de água, de carne, de massa e de linguiça foram previamente inoculadas em ADPT, na proporção 25 g de amostra/225 ml de ADPT, para então serem levadas à estufa com as demais amostras.

Para análise de diagnóstico molecular via PCR, foram utilizados os inóculos oriundos do cultivo das amostras em caldo de pré-enriquecimento.

Foram transferidas alíquotas de 1,5 ml para um tubo *ependorf* para o preparo do ácido desoxirribonucleico (DNA) bacteriano.

A metodologia de extração do DNA bacteriano utilizada foi o choque térmico ou lise térmica de Chapman et al. (2001). O protocolo consistiu em: centrifugação (5000 RPM por 10 minutos), com descarte posterior do sobrenadante. O *pellet* foi ressuscitado em 1 mL de água miliQ, homogeneizado, centrifugado (12000 RPM por 3 minutos), sendo o sobrenadante novamente descartado. O *pellet* foi ressuscitado em 0,2 mL de água miliQ e, então, homogeneizado e aquecido a 95,0°C por 20 minutos. Após esse período, os tubos foram congelados a -20,0°C por 30 minutos. Em seguida, aquecidos a 65,0°C por 1 minuto. Os tubos foram novamente centrifugados (12000 RPM por 10 minutos) e o sobrenadante contendo o DNA bacteriano foi transferido para um novo tubo *ependorf* e mantido a -20,0°C até o momento do uso.

Na amplificação do DNA foram utilizados oligonucleotídeos iniciadores específicos para os genes *InvA*, sendo *InvA* (*forward*) 5'- GTG AAA TTA TCG CCA CGT TCG GCG CAA 3' e *InvA* (*reverse*) 5'- TCA TCG CAC CGT CAA AGG AAC C 3'. Os

genes *InvA* amplificam um fragmento de 457 pares de base e são específicos para bactérias do gênero *Salmonella* (GALAN; GINOCCHIO; COSTEAS, 1992).

A reação de PCR foi adaptada de Maldonado (2008): adicionou-se 2 μL de DNA bacteriano a uma mistura contendo 0,75 μL de cada oligonucleotídeo (10 μM), 1,5 μL de tampão de PCR (500 mM), 0,5 μL de MgCl_2 (25 mM), 0,5 μL de DNtps (10 mM), 1,5 U de taq polimerase, completando com água miliQ para um total de 15 μL .

As condições de amplificação foram: 5 minutos a 93,0°C, 35 ciclos de 1 minuto a 93,0°C, 30 segundos a um gradiente de temperatura de hibridização entre 53,1°C e 58,1°C, 1 minuto a 72,0°C e uma extensão final de 10 minutos a 72,0°C.

Os produtos da amplificação foram separados por eletroforese em gel de agarose 2,0%, corados com brometo de etídio e foto documentados em transiluminador ultravioleta para a visualização das bandas.

No caso da ocorrência de bandas pouco visíveis, foi realizada a técnica chamada de *Nested* PCR. Essa técnica consiste em utilizar como DNA alvo o produto da primeira PCR, a fim de intensificar a presença ou ausência de uma dada banda diagnóstica (MOLINA; TOBO, 2004).

Para realização dessa técnica, seguiu-se a mesma reação de amplificação de Maldonado (2008), descrita anteriormente, porém, foi substituída a quantidade de DNA bacteriano (2 μL) pela mesma quantidade do produto de amplificação obtido com a primeira PCR.

Os resultados obtidos foram avaliados e os pontos críticos de contaminação foram delimitados.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A avaliação dos pontos de contaminação por *Salmonella* spp. na produção de carne suína e embutidos foi realizada através de análise via PCR.

Com relação aos procedimentos adotados para a realização da pesquisa, ajustes metodológicos na amplificação do DNA foram necessários para otimização da

técnica às condições do laboratório utilizado para o estudo. Padronizou-se o método de extração do DNA bacteriano, optando por utilizar o método de análise térmica, o que facilitou o processo de análise devido à agilidade no procedimento de avaliação.

Foram estabelecidas as condições da reação da PCR para *Salmonella* spp. com relação à concentração do DNA (40 ng) e à temperatura ideal de anelamento de 57,0°C. Foi verificada a necessidade de adoção da *Nested* PCR para exclusão de resultados falsos negativos. A técnica aumenta a sensibilidade da reação, melhorando a nitidez das bandas, diminuindo, assim, a ocorrência de falsos positivos ou falsos negativos.

A utilização da técnica de PCR mostrou-se vantajosa nos seguintes aspectos: método de extração do DNA bacteriano rápido e econômico com resultados satisfatórios, tempo de análise total de aproximadamente 30 horas e maior sensibilidade quando comparado ao método convencional.

Os resultados da amplificação das 62 amostras coletadas foram visualizados em gel de agarose 2,0%. A Figura 2 traz indicados alguns desses resultados.

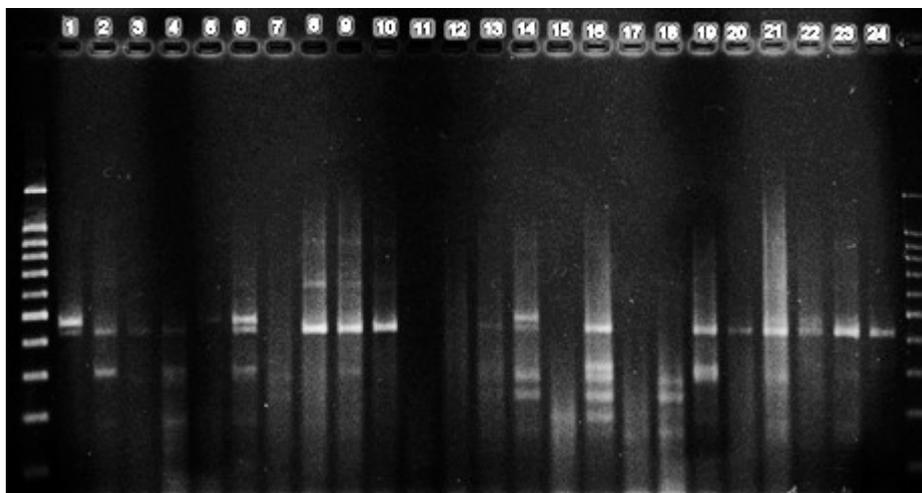


Figura 2 - Resultado da avaliação de pontos de contaminação por *Salmonella* spp.

Fonte: Autoria própria (2012).

Dentre as 62 amostras coletadas, 59,7% apresentaram presença de *Salmonella* spp. Conforme Tabela 1, esse percentual está consideravelmente acima do encontrado por Gamarra (2007), Lima et al. (2004) e Matsubara (2005) que identificaram em carcaças de suínos durante processo de abate, respectivamente, 9,3%, 11,7% e 5,4% de *Salmonella* spp. utilizando a microbiologia convencional. Os resultados obtidos com essa pesquisa refletem as fontes de contaminação por *Salmonella* spp., a eficiência dos procedimentos de higienização e o nível de treinamento dos manipuladores de alimentos.

Tabela 1 - Resultado da avaliação dos pontos de contaminação por *Salmonella* spp. na produção de carne suína e embutidos

Ponto	Presença de <i>Salmonella</i> spp.	Quantidade de amostras positivas
A	Em todos os cinco animais coletados	5
B	Na parede	1
C	Nas carcaças dois, três e quatro após escaldagem	3
D	Nas carcaças um, dois e quatro após depilação	3
E	Em todas as nove amostras coletadas	9
F	Nas carcaças três, quatro e cinco, serra-fita, água do esterilizador da serra	5
G	Nas cinco carcaças após lavagem	5
H	Parede da câmara fria	1
I	Zero amostras	0
J	Zero amostras	0
L	Todas as amostras	2
M	Embutideira, mão do manipulador, água do preparo das tripas	3

Fonte: Autoria própria (2012).

Fazendo-se uma análise geral de cada uma das etapas analisadas neste estudo, observou-se que algumas amostras estavam contaminadas desde o pré-abate.

Terra e Fries (2001) verificaram que a carga microbiana presente no couro do animal pode exceder a 10^9 UFC/cm², possibilitando a contaminação da carcaça nas etapas iniciais do abate, por isto a importância da higiene do animal *ante-mortem*.

A operação de escaldagem (Ponto C), que visa reduzir a carga microbiana presente no couro dos animais, foi eficiente apenas para duas das cinco carcaças analisadas.

A água do tanque de escaldagem não apresentou contaminação por *Salmonella* spp., podendo ser consequência da alta temperatura da água que inibiu o crescimento do micro-organismo. A etapa de escaldagem, quando realizada na temperatura superior a 62,0°C e no tempo de seis a oito minutos, contribui para a redução da carga microbiana da carcaça (GAMARRA, 2007). A realização dessa etapa em temperaturas inferiores à ideal representa um risco de proliferação de micro-organismos. Lima et al. (2004) verificaram a presença de *Salmonella* spp. nessa etapa devido à temperatura inadequada do tanque de escalda.

Na etapa de depilação (Ponto D), a carcaça de número um estava contaminada após esse processo, porém a depiladeira, na região em que a amostra foi coletada, estava com ausência de *Salmonella* spp. Pode ter ocorrido uma contaminação cruzada proveniente de outra fonte como, por exemplo, o manipulador.

A etapa de depilação é considerada crítica, pois os micro-organismos presentes no pelo podem contaminar as superfícies expostas da carcaça. Lima et al. (2004) e Thorberg e Engvall (2001) ao avaliarem essa etapa detectaram a presença de micro-organismos fecais como, por exemplo, a *Salmonella* spp. e atribuíram o fato ao processo de higienização da depiladeira ser de difícil realização devido a estrutura do equipamento.

Todas as nove amostras coletadas na etapa de evisceração (Ponto E) apresentaram *Salmonella*. A água utilizada para esterilização das facas deveria estar com ausência do micro-organismo em virtude da temperatura elevada, porém verificou-se que essa barreira não está sendo eficiente, pois a água utilizada para esterilização estava contaminada por *Salmonella* spp.

A evisceração torna-se um perigo quando ocorre extravasamento do conteúdo fecal, difundindo a contaminação. Borch, Nesbaskken e Christen (1996) enfatizam que a contaminação nessa etapa pode ocorrer também através de contaminação oral esofágica. Patógenos de origem fecal como *Escherichia coli* e *Salmonella* também foram encontrados em pesquisas realizadas por Lima et al. (2004), Seixas, Tochetto e Ferraz (2009) e Thorberg e Engvall (2001).

Outra etapa crítica de contaminação é o Ponto F, correspondente à secção da carcaça ao meio. Embora algumas carcaças não apresentassem o micro-organismo, a serra-fita e a água de esterilização estavam contaminadas e, com isso, pode haver contaminação cruzada das demais carcaças. A inadequada higienização e a falta de treinamento de funcionários no que diz respeito à conduta de boas práticas de fabricação contribuem para que essa etapa se torne um risco à contaminação.

Gamarra (2007) sugere a utilização de serra elétrica com esterilização automática com água a temperatura de 62,0°C como uma alternativa para minimizar a carga microbiana.

Para Mantilla et al. (2007), a contaminação durante o abate pode ocorrer, também, a partir da manipulação da carne por parte dos funcionários, uma vez que existe a possibilidade desses serem portadores sadios de micro-organismos patogênicos como *Salmonella* spp., *Listeriamonocytogenes*, *Campylobacter* sp. e *Escherichia coli* enteropatogênica.

O processo de lavagem da carcaça (Ponto G) utilizando água clorada (1,0 - 1,5 ppm) não interferiu na redução da contaminação. A International Commission on Microbiological Specifications for Foods (1997) considera a lavagem a jato razoavelmente eficiente para remoção de sujidades visíveis, porém, ineficiente para remoção de contaminação microbiana. Em contrapartida, Gill e Landers (2003), Gamarra (2007) e Saba, Bürger e Oswaldo Júnior (2010) obtiveram sucesso na redução da carga microbiana presente na carcaça, após a realização da lavagem com jato de água quente sob pressão atmosférica de 3 atm.

Após a lavagem, as carcaças são armazenadas em câmara-fria. O resfriamento é considerado um ponto crítico. De acordo com a International Commission on Microbiological Specifications for Foods (1997), é necessário reduzir imediatamente a temperatura das carcaças até 7,0°C ou menos, para minimizar a proliferação de micro-organismos e evitar que se torne um perigo à segurança alimentar. Após o resfriamento (Ponto H), as carcaças não apresentaram o micro-organismo, porém a parede da câmara-fria estava contaminada conforme a análise realizada neste local. Tal contaminação pode ser proveniente da formação de biofilmes, processo desencadeado pela superfície mal higienizada. Procedimentos padrão de higienização mais rigorosos precisam ser implementados.

Embora, nesse estudo, não tenha sido verificada a presença de *Salmonella* spp. durante o processo desossa e cortes (Ponto I), nessa etapa pode ocorrer a contamina-

ção cruzada por meio de equipamentos e/ou utensílios utilizados, como facas e bacias mal higienizadas que possibilitam a proliferação de micro-organismos. Os manipuladores, também, podem ser agentes causadores de contaminação por não adotarem práticas de higiene pessoal. O ambiente pode ser um veiculador de micro-organismos, por isso a necessidade de climatizar os setores onde essa etapa é realizada. As normas para produção e exportação de carnes preparadas determinam que a temperatura da sala de desossa deve estar em torno de 10,0°C (BRASIL, 1997).

Marra (2009), durante sua pesquisa sobre a dinâmica microbiana na sala de desossa de um frigorífico abatedouro, identificou uma série de micro-organismos indicadores de contaminação, com destaque no patógeno *Escherichia coli* evidenciando a necessidade de medidas de controle efetivas nessa etapa da cadeia produtiva.

Durante o processo de preparo da massa de linguiça frescal (Ponto J) foi constatada ausência de *Salmonella* spp. em todas as amostras analisadas, porém, após o descanso na câmara-fria (Ponto L), a massa estava contaminada, bem como a parede da câmara fria. Tal fato pode ser associado ao problema de condensação existente no frigorífico estudado. A manutenção das câmaras frias se faz necessária a fim de evitar os processos de condensação ocasionada pelo fluxo inadequado de ar associado à temperatura e à umidade. A condensação favorece a multiplicação de micro-organismos (INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS, 1997). Outro fato que pode ser associado é a possibilidade da contaminação cruzada por meio da adição de algum ingrediente contaminado à massa.

Por fim, na etapa de embutimento (Ponto M), embora o equipamento, a água utilizada para preparo das tripas e o manipulador estivessem contaminados, não foi encontrada *Salmonella* spp. no produto final.

A ausência de *Salmonella* spp. no produto final refere-se apenas à amostra coletada. Não é possível afirmar que não haja contaminação no lote amostrado, visto que, durante o processo de descanso da massa, foi verificada a presença do micro-organismo. Assim, por se tratar de um embutido frescal, não existe nenhum procedimento como, por exemplo, o tratamento térmico que iniba o crescimento desse patógeno.

Partindo desse contexto, Mürmann, Santos e Cardoso (2009), Dias et al. (2008) e Spricigo et al. (2008) avaliaram linguiças e outros embutidos e verificaram a contaminação por *Salmonella* que reflete a complexidade da cadeia de transmissão de

patógenos, com muitas oportunidades para infecção, reinfecção e contaminação cruzada durante as diversas etapas do processamento.

Roça (2004) em seu estudo verificou que a probabilidade de contaminação da carne durante todo processo de abate é alta e sua intensidade depende da eficiência das medidas higiênicas adotadas. O autor citado deixa também evidente a necessidade de prevenir a contaminação cruzada através da realização de adequadas operações unitárias, praticando procedimentos corretos e padronizados, adotando boas práticas de higiene e monitorando minuciosamente todas as etapas da cadeia produtiva.

Diante dos resultados obtidos, existe a necessidade de realizar um plano de ações corretivas. O plano possibilitará a obtenção de um controle mais efetivo das portas de entrada de contaminação na cadeia produtiva suína, melhorando, assim, a segurança microbiológica dos produtos do frigorífico estudado, o controle da qualidade e a implantação de novos procedimentos higiênico-sanitários que devem ser constantes para a melhoria contínua do produto final. As ações produzirão um alimento seguro à comunidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa partiu do pressuposto que dentro da produção de carne suína e derivados embutidos existem micro-organismos patogênicos de origens distintas causadores de contaminação. O presente estudo buscou avaliar os pontos de contaminação por *Salmonella* spp., propondo uma metodologia mais rápida e eficiente para melhorar o controle de qualidade.

Os resultados obtidos na avaliação dos pontos de contaminação por *Salmonella* spp. indicaram que das 62 amostras analisadas, 59,7% delas estavam contaminadas com o micro-organismo. A contaminação estava presente nos animais vivos, bem como no ambiente de abate, desossa da carne e produção de embutidos.

Apesar do produto final analisado não apresentar a presença do micro-organismo, todo cuidado deve ser tomado, a fim de reduzir a contaminação na produção de carne suína e embutidos, visto que pode ocorrer contaminação cruzada, uma vez

que o ambiente estudado apresentou diversos pontos que podem vir a contaminar o alimento no decorrer da sua produção.

Tais cuidados estão atrelados à implantação de ferramentas de qualidade e controle de processo que assegurem a qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Principais destinos da carne suína brasileira**. 2013. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/mercadoexterno/destinos/dadosanuais/DEZEMBRO_13_PRINCIPAIS_DESTINOS.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2014.

BORCH, E.; NESBASKKEN, T.; CHRISTEN, H. Harzard identification in swine slaughter with respect to food born bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 30, p. 9-25, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para indústrias de alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 ago. 1997.

CHAPMAN, P. A.; ELLIN, M.; ASHTON, R.; SHAFIQUE, W. Comparison of culture, PCR and immunoassays for detecting *Escherichia coli* O157H7 following enrichment culture and immunomagnetic separation performed on naturally contaminated raw meat products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 68, p. 11-20, 2001.

CORTEZ, A. L. L. **Indicadores de qualidade higiênico-sanitária em linguiça fresca comercializada no município de Jaboticabal-SP**. 2003. 42 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2003.

DIAS, P. A.; CONCEIÇÃO, R. C. S.; COELHO, F. J. O.; TEJADA, T. S.; SEGATTO, M.; TIMM, C. D. Qualidade higiênico-sanitária de carne bovina moída e embutidos frescos comercializados no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Arquivos do Instituto de Biologia**, São Paulo, v. 75, n. 3, p. 359-363, jul./set. 2008.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

GALAN, J. E.; GINOCCHIO, C.; COSTEAS, D. P. Molecular and functional characterization of the *Salmonella* invasion gene *InVA*: homology of *InVA* to members of a new protein family. **Journal of Bacteriology**, v. 174, p. 4338-4349, 1992.

GAMARRA, R. M. **Identificação dos pontos críticos para *Salmonella* spp. no abate de suínos**. 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GILL, C. O.; LANDERS, C. Microbiological effects of carcass decontaminating treatments at four beef packing plants. **Meat Science**, v. 65, p. 1005-1011, 2003.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **APPCC na qualidade e segurança microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997.

LIMA, E. S. C.; PINTO, P. S. A.; SANTOS, J. L.; VANETTI, M. C. D.; BEVILACQUA, P. D.; ALMEIDA, L. P.; PINTO, M. S.; DIAS, F. S. Isolamento de *Salmonella* sp. e *Staphylococcus aureus* no processo de abate de suíno como subsídio ao sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 185-190, 2004.

MALDONADO, A. G. **Ocorrência de *Salmonella* spp. em amostras de frango obtidas em uma feira e um mercado municipal da zona oeste da cidade de São Paulo**: uma análise crítica entre técnica convencional em meios de cultura e reação em cadeia pela polimerase-PCR. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MANTILLA, S. P. S.; FRANCO, R. M.; OLIVEIRA, L. A. T.; SANTOS, E. B.; GOUVÊA, R. Importância da *Listeria monocytogenes* em alimentos de origem animal. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 1, p. 180-192, 2007.

MARRA, K. N. **Dinâmica microbiana da sala de desossa em um matadouro-frigorífico de Goiânia-GO, durante a jornada de trabalho**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

MATSUBARA, E. N. **Condição higiênico-sanitária de meias carcaças de suínos após o abate e depois do término do resfriamento e análise da utilização de lista de verificação para avaliar boas práticas de abate de suínos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal) – Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MCMULLEN, L. M. Intervention strategies to improve the safety of pork. **Advances of Pork Production**, v. 11, p. 165-173, 2000.

MOLINA, A. L.; TOBO, P. R. Uso das técnicas de biologia molecular para diagnóstico. **Einstein**, v. 2, n. 2, p. 139-140, 2004.

MÜRMAN, L.; SANTOS, M. C.; CARDOSO, M. Prevalence, genetic characterization and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from fresh pork sausages in Porto Alegre, Brazil. **Food Control**, v. 20, p. 191-196, 2009.

ROÇA, R. O. **Microbiologia da carne**. 2004. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca106.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2010.

SABA, R. Z.; BÜRGER, K. P.; OSWALDO JUNIOR, D. R. Influência da pressão e temperatura da água de lavagem na população microbiana da superfície de carcaças bovinas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 1-6, 2010.

SANTOS, L. A. G.; PINTO, P. S. A.; MORAES, M. P.; VANETTI, M. C. D.; BEVILACQUA, P. D.; MAYARA, S. P.; DIAS, F. S. Pesquisa molecular e convencional de *Listeria monocytogenes* para controle de qualidade da carne suína. **Revista Ceres**, v. 53, n. 308, p. 481-486, 2006.

SEIXAS, F. N.; TOCHETTO, R.; FERRAZ, S. M. Presença de *Salmonella* sp. em carcaças suínas amostradas em diferentes pontos da linha de processamento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 634-640, 2009.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007.

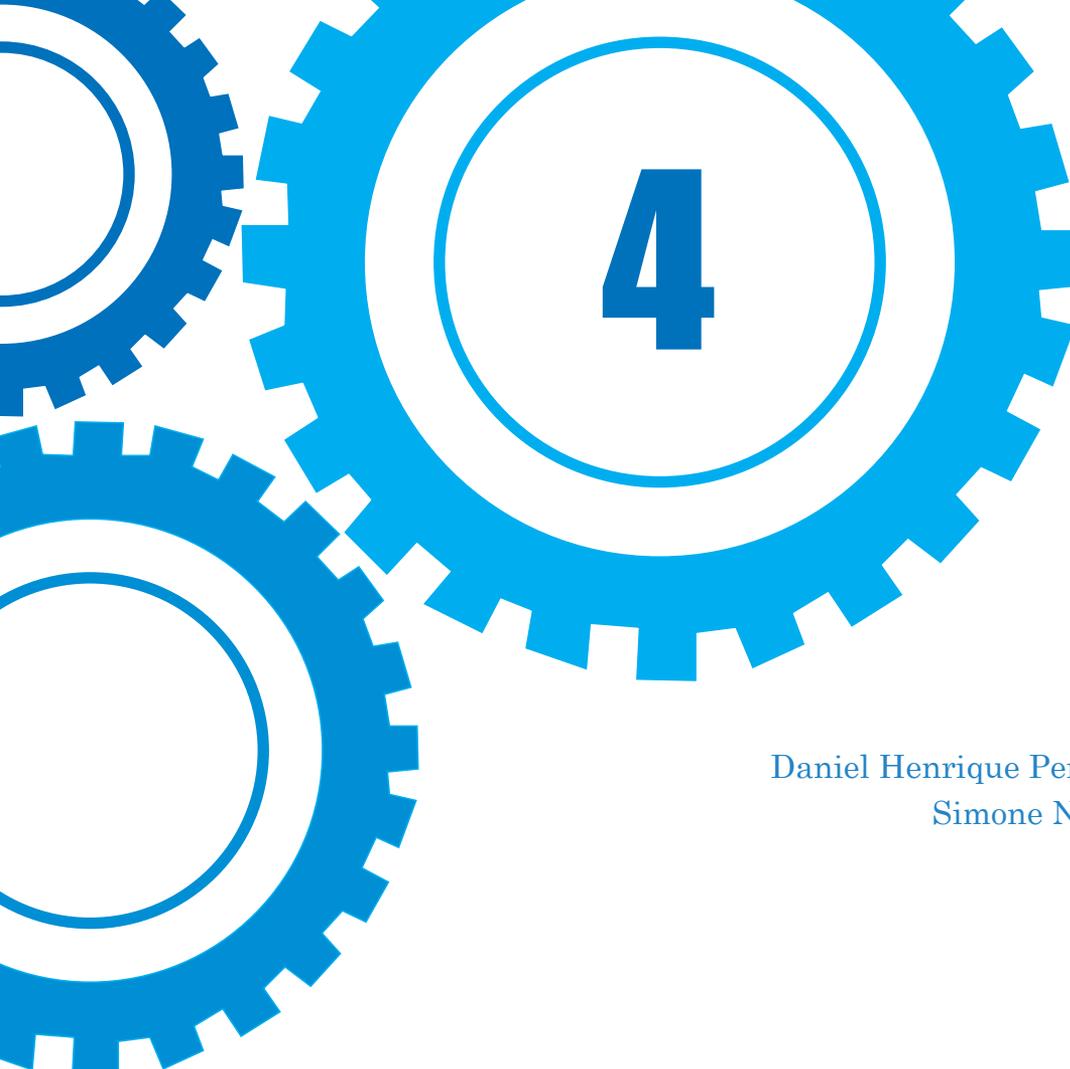
SPRICIGO, D. A.; MATSUMOTO, S. R.; ESPINDOLA, M. L.; FERRAZ, S. M. Prevalência, quantificação e resistência de antimicrobianos de sorovares de *Salmonella* isolados em linguiça frescal suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 28, n. 4, p. 779-785, out./dez. 2008.

TERRA, N. N.; FRIES, L. L. M. A qualidade da carne suína e sua industrialização. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa, 2001.

THORBERG, B. M.; ENGVALL, A. Incidence of *Salmonella* in five Swedish slaughterhouses. **Journal of Food Protection**, v. 64, n. 4, p. 542-545, 2001.

VAN DER GAAG, M. A.; SAATKAMP, H. W.; BACKU, G. B. C.; VAN BEEK, P.; HUIRNE, R. B. M. Cost-effectiveness of controlling *Salmonella* in the pork chain. **Food Control**, v. 15, p. 173-180, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food safety**: a revolution of the executive board of the world health organization. Geneva: Resolution, 2002.



4

Daniel Henrique Perucelli Rosas
Simone Nasser Matos

*APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE
VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO NOS
CONHECIMENTOS GERADOS PELOS
ALGORITMOS DE MINERAÇÃO DE
DADOS*

INTRODUÇÃO

Uma informação de qualidade traz consigo aspectos importantes como objetividade, confiabilidade, relevância e interpretabilidade. Essas características somadas classificam a informação como válida, ativa e, de fato, pode ser utilizada pelo usuário ou pela organização. No entanto, possuir informação que contenha todos estes predicados não está ao alcance de muitas organizações, seja por consequência do volume de dados que são armazenados sem o adequado cuidado ou pela falta de preparo das organizações em explorar esses dados (NEVES, 2006).

Os registros gerados pelas organizações de médio e grande porte superam a capacidade humana de interpretar, analisar e compreender tanta informação. Por isso, são necessários novos sistemas capazes de analisar automaticamente o volume de registros produzidos, fornecendo o conhecimento para auxiliar nos processos decisórios. Conseqüentemente, as grandes empresas estão começando a explorar as possibilidades oferecidas pelas diversas técnicas e ferramentas atualmente disponíveis para aprimorar o processo de tomada de decisão (BARBOSA; MACHADO, 2007).

A descoberta de informação por meio de ferramentas de mineração de dados tem se tornado um investimento necessário nas organizações, principalmente em função do número de registros que as relações organizacionais produzem. Estes registros podem conter informações relevantes que apontam oportunidades de negócio como tendências no comportamento dos clientes, o modo operante dos fornecedores e dos concorrentes, abrindo espaço para novos investimentos, renegociações, metas de produção e geração de novos produtos ou serviços.

Para a busca de registros na identificação de informação útil existem ferramentas de gestão como a *Waikato Environment for Knowledge Analysis* (WEKA). Essa ferramenta explora grandes concentrações de dados em busca de padrões, de tendências, de problemas ou de características de um determinado setor da empresa ou do ambiente mercadológico utilizando algoritmos de mineração de dados.

Mineração de dados é uma das etapas de um processo maior conhecido como Descoberta de conhecimentos em banco de dados ou em inglês *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) que inclui as tarefas de seleção, de preparação e de exploração das informações e, por fim, de análise e interpretação dos resultados obtidos, em busca de assimilar o conhecimento extraído no processo (GALVÃO; MARIN, 2009).

A etapa de análise e interpretação dos resultados da mineração de dados pode se apresentar como um obstáculo à completa utilização do processo de descoberta de informação, por exigir do usuário o domínio das informações e a compreensão do conhecimento extraído. Desta forma, um usuário que não esteja diretamente ligado aos registros coletados para serem minerados poderá ter problemas para entender as informações encontradas e os resultados gerados pelo processo.

Para facilitar o entendimento dos resultados obtidos pelos algoritmos de mineração de dados, pode-se incorporar um conjunto de recursos gráficos os quais representem visualmente os achados com o objetivo de explorar o conhecimento, utilizando a capacidade perceptiva do usuário, facilitando a compreensão e a interpretação das informações apresentadas, na busca de novos conhecimentos (ALEXANDRE; TAVARES, 2007).

O objetivo principal da representação gráfica de informações é facilitar a compreensão de conjuntos de informações que, à primeira vista, são volumosos ou não são facilmente compreendidos, tornando as informações que são relevantes, objetos mais naturais, mais semelhantes a outros que já são conhecidos e criando metáforas que possam realizar essas aproximações da melhor maneira possível (RAUTER; BENATO, 2006).

Na prática, o gerenciamento e a tomada de decisão tornam-se mais seguros e confiáveis quando as informações necessárias são entendidas de forma correta e facilitada.

Este capítulo visa estabelecer uma combinação de representação visual de informações utilizando as técnicas de visualização, bem como as técnicas de mineração de dados.

A MINERAÇÃO DE DADOS

A busca de padrões, tendências, problemas ou características de um determinado setor da empresa ou do ambiente mercadológico motivou a criação de ferramentas que explorassem concentrações de informações, a fim de auxiliar na identificação de conhecimento útil que possa estar contido nelas (FARIA; LAUDELINO; DOMINGUES, 2006).

Surgem, então, as ferramentas e as técnicas de mineração de dados, que estão sendo cada vez mais empregadas em organizações, pois oferecem de forma rápida e automatizada uma alternativa para a geração de informações e a produção do conhecimento, identificando aspectos relevantes que possam ser utilizados em nível estratégico como apoio ao processo de tomada de decisão (SCHUCH et al., 2010).

De modo geral, primeiramente é feita a escolha das fontes de registros a serem utilizadas e a definição dos objetivos. Uma parcela desses registros é selecionada, pré-processada e submetida a métodos de exploração contendo algoritmos específicos de mineração e ferramentas adequadas com o objetivo de encontrar padrões ou modelos que representem o conhecimento obtido. Depois de extraídos, os padrões são pós-processados e o conhecimento adquirido é avaliado quanto à sua qualidade para determinar a viabilidade de sua utilização no apoio a algum processo de tomada de decisão (YAMAGUCHI, 2010).

As funções da mineração de dados podem ser divididas em dois focos: preditivos e descritivos. A predição consiste em utilizar-se de um grupo de registros que reportam características conhecidas e, a partir delas, construir um modelo que poderá ser utilizado para prever as mesmas características em novos casos ou situações. Já a descrição, pode ser vista como uma aproximação sobre registros nos quais não há uma característica de interesse e somente se deseja ter uma ideia de como esses registros se agrupam segundo variáveis especificadas (RODRIGUES FILHO, 2001).

Conforme Castanheira (2008), o conhecimento descoberto durante a fase de mineração de dados pode ser conduzido de acordo com seis técnicas:

- a) **classificação:** características são pré-definidas pelo usuário e o conjunto de informações é analisado pelos algoritmos de mineração, em busca de semelhanças às descrições de cada característica (CARDOSO; MACHADO, 2008);
- b) **clusterização:** registros são processados em busca de elementos de informação que apresentem semelhanças. A diferença para a classificação é que aqui não existe características pré-definidas, são os próprios algoritmos que classificam os elementos em classes distintas (KEIM; WARD, 2002);
- c) **associação:** procura encontrar relações entre os atributos de um conjunto de registros de tal forma que, a presença de alguns, implique na presença

de outros. O objetivo com a geração de regras de associação é encontrar padrões e tendências em conjuntos de informações (CARDOSO; MACHADO, 2008; PERNOMIAN, 2008);

- d) predição: baseados em dados históricos, faz-se a projeção do comportamento mais provável (RODRIGUES FILHO, 2001);
- e) padrões sequenciais: um padrão sequencial é uma expressão da forma $\langle I_1, I_2 \dots I_n \rangle$, em que cada I_i é um conjunto de itens. A ordem em que estão alinhados os conjuntos reflete a cronologia com que aconteceram os fatos representados por eles. Encontrar padrões previsíveis em um período de tempo significa que um comportamento particular em um dado momento pode ter como consequência outro comportamento ou sequência de comportamentos dentro de um mesmo período de tempo (CARDOSO; MACHADO, 2008);
- f) *outliers*: um banco de dados pode conter informações que não apresentam o comportamento geral da maioria (CARDOSO; MACHADO, 2008).

Nas técnicas de mineração de dados são aplicados algoritmos específicos para extração de padrões e de comportamentos dentro de um banco de dados. Algoritmos de mineração de dados são os mecanismos que exploram e criam os modelos de mineração para definir padrões e tendências. A partir destes modelos e padrões são estabelecidos os parâmetros de mineração para a extração de informações dos registros (SCHUCH et al., 2010).

Técnicas de mineração podem apoiar-se na exploração visual de grandes conjuntos de registros e, também, serem apoiadas por recursos visuais. A integração de técnicas de mineração de dados com técnicas de visualização de informações facilita a análise das informações tornando-se um valioso recurso na tomada de decisões, de forma que a combinação pode ser usada para agilizar a compreensão do conhecimento (SILVA NETO et al., 2010).

A VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES

Existem duas formas para representar os resultados de um problema: a gráfica e a não gráfica. Informações de pequeno porte são mais fáceis de serem absorvidas; porém, quando envolvem grandes volumes tornam-se difíceis de serem compreendidas, situação essa que pode agravar quando sua disponibilidade é apenas em formato textual (DIAS; CARVALHO, 2007).

Informações representadas graficamente tendem a ser processadas de maneira mais automática pela visão, em um decurso mais superficial, rápido e de capacidade elevada. Dessa forma, representar graficamente os dados a serem analisados é interessante do ponto de vista da obtenção de informação, pois faz com que, não apenas mecanismos computacionais sejam usados para a análise de dados, mas, também, recursos da visão e da cognição humana (SILVA, 2007).

São várias as maneiras de se representar uma informação graficamente e a área de visualização de informações possui diversas técnicas que podem ser utilizadas individualmente ou combinadas. As chamadas técnicas de visualização procuram otimizar a capacidade visual do ser humano facilitando o processo de entendimento do conhecimento a partir das estruturas apresentadas.

Existem muitas técnicas de visualização de informações. As técnicas mais utilizadas estão divididas em quatro categorias: geométricas, orientadas a *pixel*, iconográficas e hierárquicas (OLIVEIRA NETO, 2008).

Todas estas técnicas não precisam ser utilizadas isoladas uma das outras, poderá haver situações onde a união de características de cada categoria de visualização seja necessária, para aplicação em uma visualização, de forma a aumentar a captação de conhecimento da informação que está sendo alvo de análise.

Adicionalmente, para que haja melhor exploração visual, são disponibilizadas funções aos usuários, as quais possibilitam que sejam alteradas as representações de acordo com suas necessidades. Essas funções podem ser referenciadas como operações de interação ou distorção na visualização de informação e utilizadas em diferentes níveis de ação, como mostrar apenas a região de interesse, selecionada pelo usuário, como também, expandir ou reduzir a quantidade de informações a serem exibidas (ESTIVALET, 2000; PERNOMIAN, 2008).

METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido ao longo de quatro fases: Escolher a ferramenta e as técnicas de mineração, Analisar as técnicas de mineração, Analisar as técnicas de visualização e Correlacionar as técnicas de mineração e de visualização.

A primeira etapa, Escolher a ferramenta e as técnicas de mineração, consiste em determinar dentre as ferramentas e técnicas de mineração existentes na literatura, qual delas será utilizada para a realização do experimento proposto neste estudo.

A segunda etapa, Analisar as técnicas de mineração, tem como finalidade identificar as informações e o formato de exposição do conhecimento gerado por determinada técnica.

Na próxima etapa, Analisar as técnicas de visualização, estuda-se as diversas técnicas de visualização com o objetivo de levantar os tipos de informações e a estrutura de visualização vinculados a cada técnica.

Por fim, a última etapa, Correlacionar as técnicas de mineração e de visualização, propõe uma nova forma de como os conhecimentos gerados pelas técnicas de mineração podem ser expostos ao usuário, para facilitar sua compreensão durante a análise dos resultados. Desta forma, indicam-se as técnicas de visualização mais adequadas para cada técnica de mineração.

A ferramenta utilizada foi a WEKA (versão 3.7.5) por contemplar as técnicas de mineração, a saber: classificação, clusterização e associação. A WEKA, ainda, apresenta a opção Seleção de atributos. No entanto, esta técnica não se tornou foco desta pesquisa, pois ela somente mostra quais são os atributos mais relevantes em uma base de dados, não exibindo regras que ajudam o usuário na tomada de decisão.

A WEKA tem a finalidade de identificar a informação a partir de dados brutos. O *software* trabalha com arquivos específicos e seu enfoque principal está em ser um classificador com os algoritmos de filtro. Inclui, também, implementação de algoritmos para aprender com associação de regras, além de agrupar dados, para os quais nenhum valor de classe é especificado (MORAES; BASTOS; BITTENCOURT, 2002).

A WEKA permite sua utilização em quatro ambientes de exploração: *explorer*, *experimenter*, *knowledge flow* e *simple CLI*. De acordo com Witten e Frank (2005), a

maneira mais fácil de usá-la é através da interface gráfica chamada de *explorer*, porque dá acesso a todas as suas instalações, utilizando-se de menu e de preenchimento de formulários e que melhor se adequa para usuários iniciantes.

Definida a ferramenta e as técnicas, foi preciso decidir quais algoritmos seriam processados nas bases de dados para o experimento em cada técnica. Para isto, utilizou-se os estudos de Schuch et al. (2010); Rodrigues Filho (2001); Domingues (2004); Romão et al. (1999) e Mafra et al. (2008), nos quais citam-se, principalmente, os algoritmos: J48 para técnica de classificação, *a priori* para associação e *K-means* para a clusterização.

Após o entendimento da técnica e de seu algoritmo, identificou-se para eles o modelo de conhecimento gerado pela ferramenta WEKA que engloba as características de tarefas e de métodos. As tarefas representam os tipos de conhecimento que são extraídos da base de dados e os métodos representam as formas de como o conhecimento é apresentado para o usuário.

Assim, as tarefas são:

- a) grupos: conjunto de registros que possuem alguma semelhança entre si e diferenças significativas com relação às informações de outros grupos;
- b) relacionamentos: representam o grau de ligação de um registro a outro, podendo apresentar uma relação de hierarquia ou apenas indicando que possuem características em comum;
- c) regras de associação: são informações derivadas dos relacionamentos representados por árvores, redes ou classes;
- d) padrões: são usados para unir ou distinguir informações e podem também servir como base para a busca de erros ou falhas nos registros. Os itens grupos, relacionamentos e regras de associação podem ser formados pela verificação de comportamento repetitivo dentro dos registros.

E os métodos são:

- a) árvore: demonstra os níveis de hierarquia presentes em um conjunto de registro que forma a informação. É um dos recursos visuais mais fácil de

ser compreendido, pois sua construção obedece à lógica ‘se-então’ e, a partir dela, pode-se derivar regras que são aplicadas em futuras análises;

- b) classe: reúne informações que possuem partes semelhantes verificadas pelo algoritmo aplicado;
- c) relação de dependência: apresenta uma condição de existência de um registro em virtude de outro. É representada pela relação antecedente/consequente, em que o antecedente pode conter inúmeras variáveis que levam a um resultado, o consequente.

Tendo as tarefas e os métodos reconhecidos, o próximo passo foi identificar esses aspectos, conforme a técnica de visualização de informações. Assim indicou-se:

- a) tarefa: representa o tipo de conhecimento que é exibido para o usuário, podendo ser: grupos, relacionamentos, regras de associação ou padrões;
- b) método: representa o formato de exibição do conhecimento, o qual pode ser classificado como: árvore, classe e relação de dependência.

As características da tarefa e dos métodos foram escolhidos por corresponderem às mesmas características analisadas nas técnicas de mineração. Depois disso, foi preciso estabelecer uma relação entre as técnicas de mineração e as de visualização, com o objetivo de permitir que o conhecimento exibido pelas técnicas de mineração seja melhor compreendido pelo usuário.

A relação entre as técnicas se deu por meio da identificação das características comuns, entre as tarefas e os métodos. Esta relação é importante para que a aplicação dos recursos gráficos contidos nas técnicas de visualização estejam de acordo com o conhecimento obtido pelos algoritmos de mineração.

Após esta análise, determinou-se quais técnicas de visualização podem ser usadas na representação do conhecimento resultante da execução dos algoritmos e quais elementos visuais serão empregados na representação.

Ao término deste processo, segue a proposta dos protótipos que utilizam técnicas de visualização, com seus elementos visuais, para representar as informações resultantes da execução dos algoritmos no ambiente WEKA.

AS BASES PARA O EXPERIMENTO

Foram escolhidas bases que permitissem a mineração pelas técnicas inerentes à ferramenta WEKA e que tivessem atributos suficientes para a execução dos algoritmos, ou seja, pudessem formar grupos, relacionamentos, regras de associação e padrões e, ainda, consentissem na elaboração de árvore, classe ou relação de dependência em seus resultados.

As bases de dados utilizadas foram de domínio público: as bases 1 (Consumidor) e 2 (Seguros) estão disponíveis para *download* no sítio do *Machine Learning Repository* (UCI MACHINE LEARNING REPOSITORY, 2013), a base 3 (Supermercado) está disponível em *Sample WEKA Data Sets* (COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE, 2013).

Todas estas bases já estão formatadas na extensão específica do ambiente WEKA que é *Attribute Relation File Format (.arff)*. Para a exploração das bases de dados, nenhuma alteração foi realizada nas configurações básicas da ferramenta.

Após o término do processo de mineração pelas três técnicas e pelos três algoritmos, a WEKA gera um relatório com os resultados encontrados.

Observando os resultados fornecidos, pode-se concluir que a localização dos mesmos segue um padrão dividido da seguinte forma:

- a) cabeçalho: indica a natureza da informação, sua composição (número de atributos e quais são eles), as instâncias ou linhas de registros que compõem os dados, o nome da técnica escolhida e o algoritmo usado;
- b) conhecimento novo: representa o modelo de conhecimento obtido pela execução das técnicas e algoritmos de mineração. Estabeleceu-se o nome conhecimento novo porque o objetivo das técnicas de mineração não é extrair somente uma informação a partir dos dados armazenados, mas sim, processar e cruzar os dados para gerar algo útil e novo. Os grupos, regras de associação, padrões e relacionamentos são representados graficamente por árvore, classe e relação de dependência;
- c) informações adicionais: dão suporte às informações constantes na árvore, nas regras ou nas classes. As informações exibidas são: acurácia, tempo de processo e percentual de erros encontrados nos registros.

RESULTADOS

Identificados os modelos de conhecimento (tarefas e métodos) presentes nas técnicas de mineração e nas técnicas de visualização de informações, o próximo passo é combiná-los. Para que uma técnica de visualização seja apontada como adequada é preciso que ela atenda a todas as tarefas e os métodos implementados pelas técnicas e algoritmos de mineração. Assim, foram identificadas quais as mais ideais.

De acordo com a análise, conclui-se que:

- a) para o algoritmo J48, que contempla as tarefas de análise de relacionamentos, detecção de padrões e usa o método de construção de árvores, as técnicas de visualização mais adequadas são: *information cube*, *cone tree*, *treemap*, *cheops*, *information slices*, *bifocal tree* e grafos;
- b) para o algoritmo *K-means*, o qual opera as tarefas de formação de grupos, detecção de padrões e utiliza o método de apresentar as informações em classes, as técnicas de visualização coordenadas paralelas, *pixel*, glifo em estrela, figura de arestas, *flip zooming*, *treemap* e grafos se mostram mais apropriadas;
- c) para o algoritmo *a priori* que pratica as tarefas de verificação de regras, detecção de padrões e demonstra seus resultados pela relação de dependência, as técnicas de visualização mais adequadas são figuras de arestas e grafos.

Após a identificação das melhores técnicas para cada algoritmo, é importante reconhecer quais são os elementos visuais que podem ser usados para representar a informação em cada técnica. Por exemplo, para a técnica *treemap* os elementos visuais que devem ser usados são: árvore, retângulos, tamanhos variados, cores diversas e divisão da tela de exibição, além de deslocamento.

Os elementos visuais das respectivas técnicas foram aplicados na elaboração de protótipos para cada algoritmo com o objetivo de melhorar a visualização do conhecimento novo.

PROTÓTIPOS DE INTERFACE GRÁFICA PARA VISUALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO NOVO

Para a construção dos modelos de apresentação aplicando elementos visuais das técnicas de visualização de informações foi utilizada a ferramenta de prototipação *Balsamiq Mockup* (BALSAMIQ, 2013).

Esta ferramenta permite esboçar graficamente modelos de telas como, por exemplo, páginas de internet ou interface de um programa e, uma característica relevante desta ferramenta é que todos os seus desenhos possuem traços imperfeitos dando a ideia de rascunho.

A seguir serão exibidos protótipos de representação visual dos modelos de conhecimento do conhecimento novo gerado pelos algoritmos de mineração J48, *K-means* e *a priori* no ambiente WEKA utilizando os recursos fornecidos pela ferramenta *Balsamiq Mockup*.

Protótipo para Representação Visual do Algoritmo J48

A Figura 1 mostra como a visualização do resultado pode ser exibida, usando a técnica de visualização *bifocal tree*.

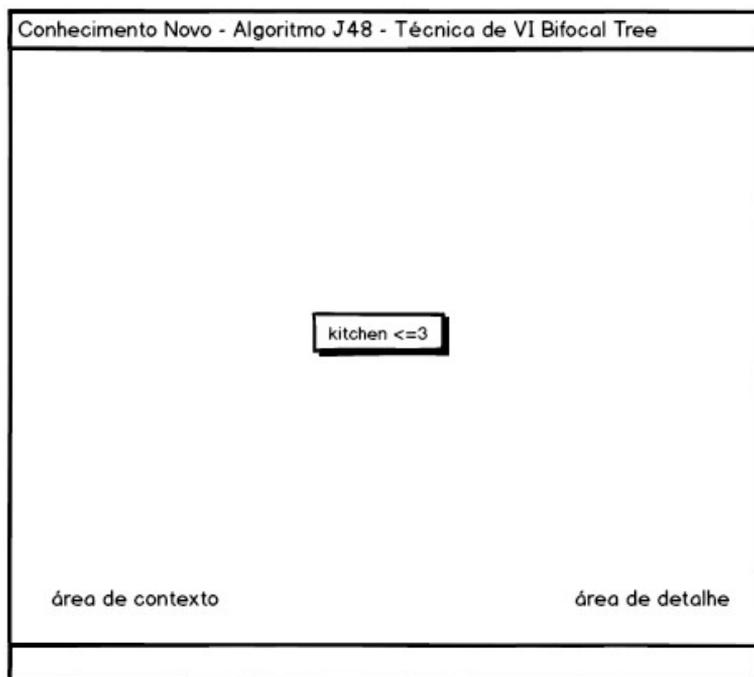


Figura 1 - A raiz dá início à árvore bifocal *tree*

Fonte: Autoria própria (2013).

Nesta técnica, o usuário terá conhecimento dos campos de observação da informação. Do lado esquerdo fica a área de contexto e do lado direito a área do detalhe, além de conhecer o atributo apontado pelo algoritmo J48 como a raiz da árvore de decisão que é *kitchen* ≤ 3.

Depois do usuário clicar na raiz, *kitchen* ≤ 3 se desloca para a área de detalhe e mostra os nós-filhos, como na Figura 2.

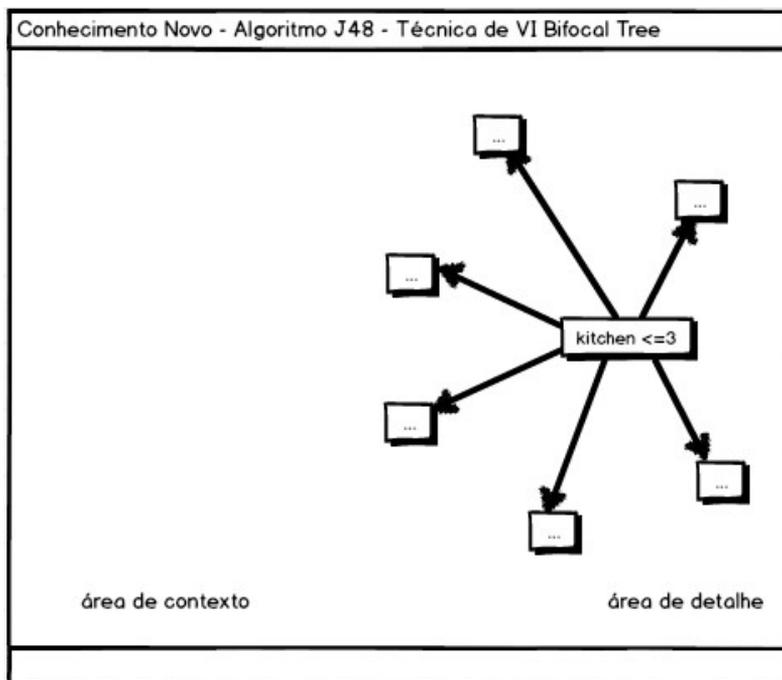


Figura 2 - Nós-filhos da raiz exibidos na área de detalhe

Fonte: Autoria própria (2013).

Quando o usuário seleciona um dos nós-filhos na área de detalhe, a raiz se desloca para a área de contexto e o nó-filho selecionado para a área de detalhe onde exibe seu conteúdo, como ilustra a Figura 3. Cores podem ser usadas para diferenciar a informação selecionada das demais.

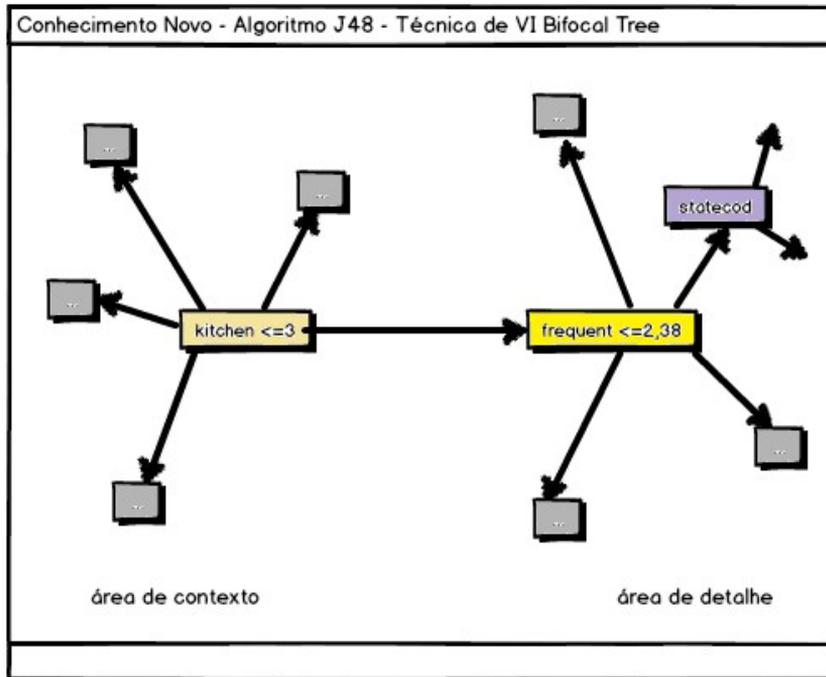


Figura 3 - Raíz *kitchen*≤3 na área de contexto e o nó-filho *frequent*≤2,38 na área de detalhe

Fonte: Autoria própria (2013).

Nesta figura, nota-se que o nó-filho *frequent*≤2,38 torna-se nó-pai. Selecionando-se o nó-filho *statecod* na área de detalhe, ocorre um novo deslocamento da informação para a área de contexto e novos detalhes são mostrados na área de detalhe (Figura 4).

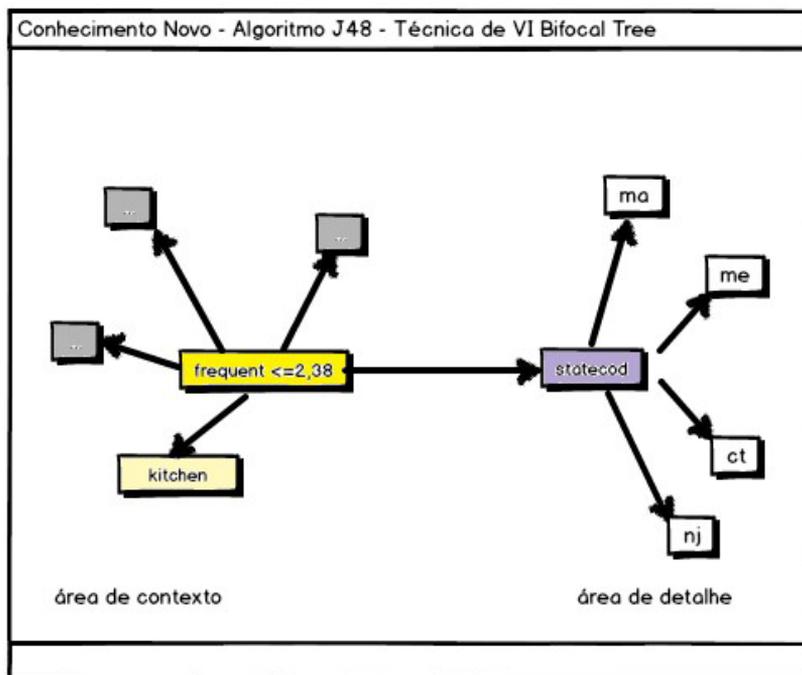


Figura 4 - Nó-pai *frequent<=2,38* na área de contexto e nó-filho *statecod* na área de detalhe

Fonte: Autoria própria (2013).

Na Figura 4 identifica-se quatro nós-filhos ligados ao nó *statecod*.

Continuando o processo, selecionando o nó-filho *ma* na área de detalhe, *statecod* vai para a área de contexto e, na área de detalhe, os detalhes do nó-filho *ma* são expostos, conforme a Figura 5.

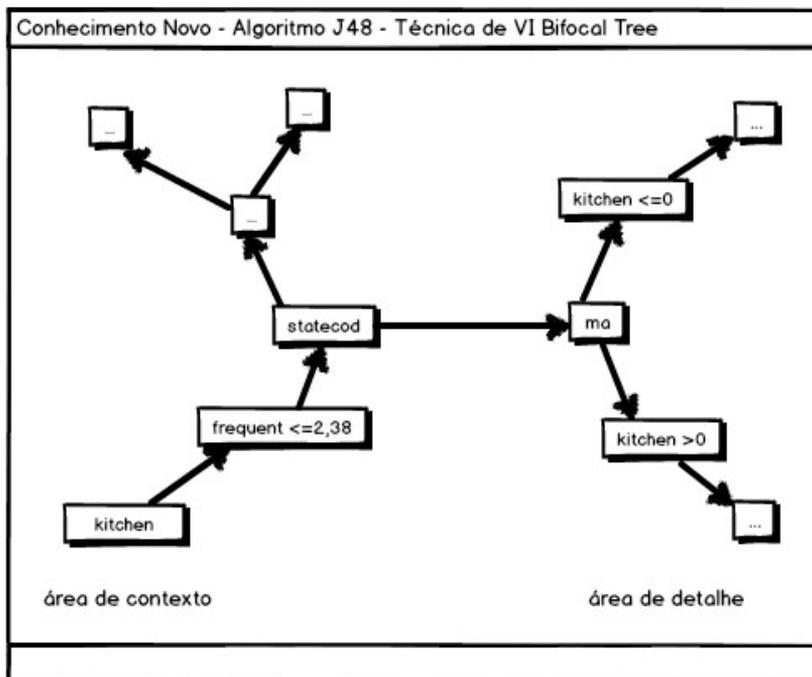


Figura 5 - Nó-pai *statecod* na área de contexto e o nó-filho na área de detalhe

Fonte: Autoria própria (2013).

A vantagem desta técnica é que a informação vai sendo agrupada a cada nó selecionado. As áreas de contexto e de detalhe permitem que o usuário guie-se até chegar à informação desejada, sem que ocorra um acúmulo de informações inúteis na tela.

Outra técnica identificada como adequada para os resultados do J48 é a *treemap*.

Esta técnica de visualização constrói a árvore dividindo o plano de exibição em retângulos de tamanhos variados um dentro do outro. Por esta técnica, cada ação do usuário clicando nos níveis da árvore de decisão modifica toda a apresentação, fazendo com que o foco de pesquisa do usuário ocupe toda tela.

A Figura 6 mostra a construção da árvore de decisão por *treemap*.

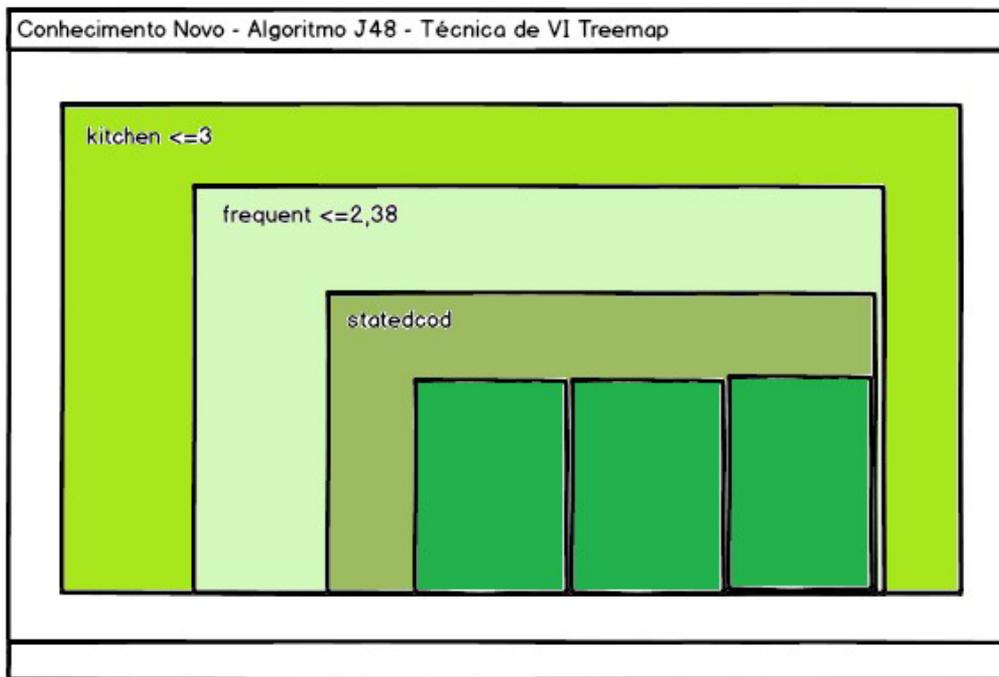


Figura 6 - Raiz *kitchen*≤3 tem a maior divisão

Fonte: Autoria própria (2013).

A Figura 6 mostra a raiz *kitchen*≤3 representada pelo retângulo maior e dentro dele divisões menores pertencentes aos nós-filhos *frequent*≤2,38 e *statedcod*. Pode-se usar cores para representar cada nó. Quando o usuário seleciona o nó-filho *statedcod*, a apresentação muda e este se torna o nó-pai, tomando o maior espaço da tela e seus nós-filhos são exibidos, como mostra a Figura 7.

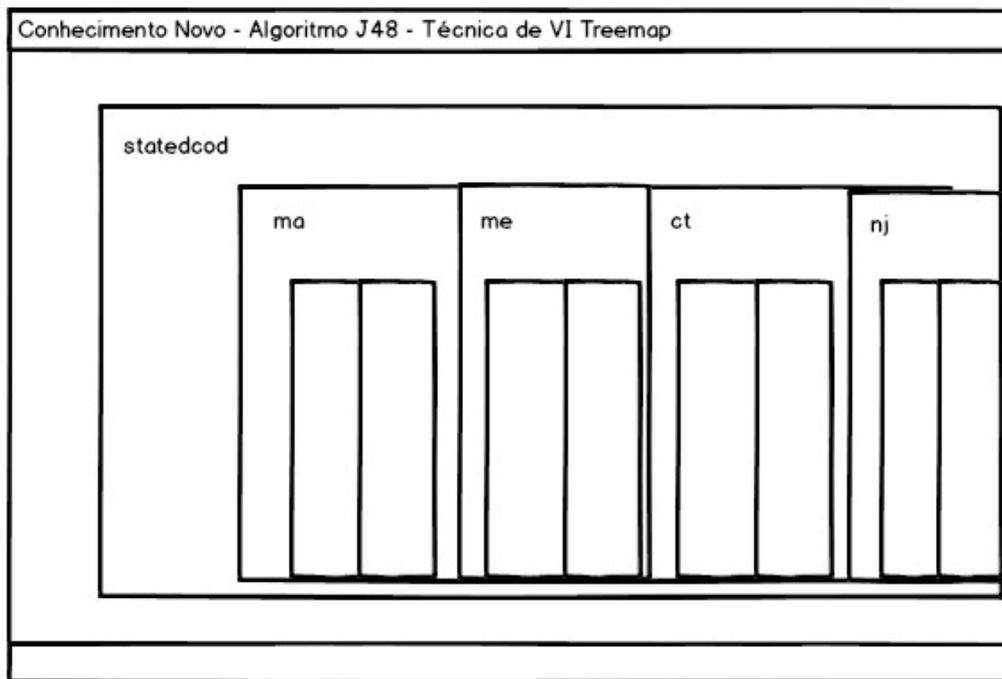


Figura 7 - Nó-pai *statedcod* e seus nós-filhos

Fonte: Autoria própria (2013).

A Figura 7 mostra que o nó *statedcod* possui quatro nós-filhos e estes, por sua vez, possuem divisões, seus nós-filhos.

Selecionando-se o nó-filho *ma*, este toma conta da tela e seu conteúdo é apresentado por outros retângulos, de acordo com a Figura 8.

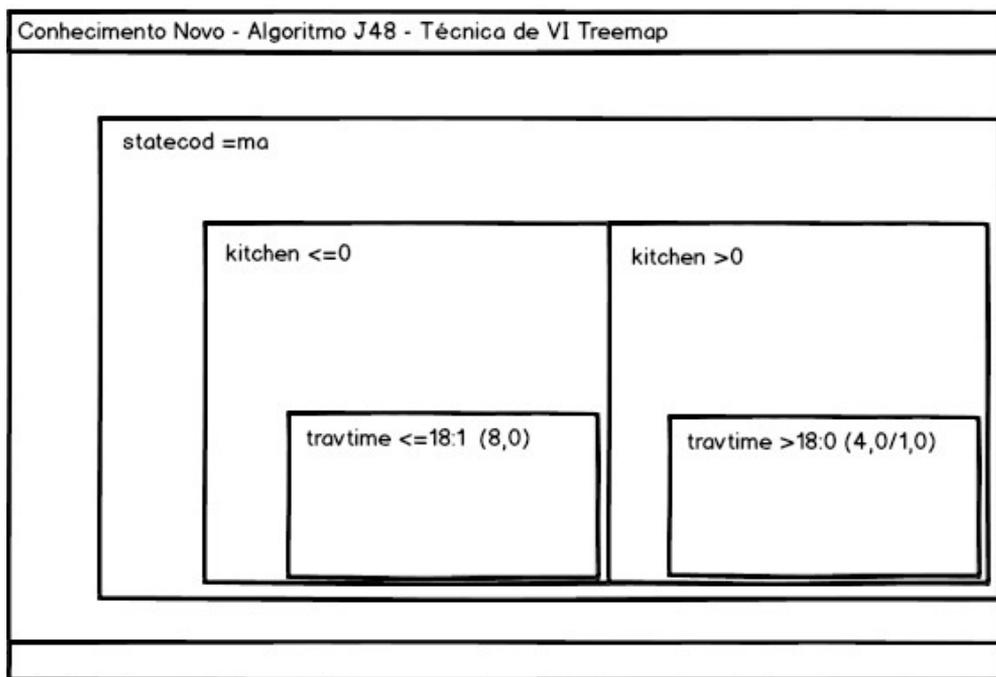


Figura 8 - Nó-pai *statecod=ma* e seus nós-filhos

Fonte: Autoria própria (2013).

Pela Figura 8, é possível notar mais detalhes das informações presentes nos subníveis da árvore de decisão.

Protótipo para Representação Visual do Algoritmo *K-means*

A Figura 9 mostra como os *clusters* ou classes podem ser representados aplicando a técnica de visualização *flip zooming*.

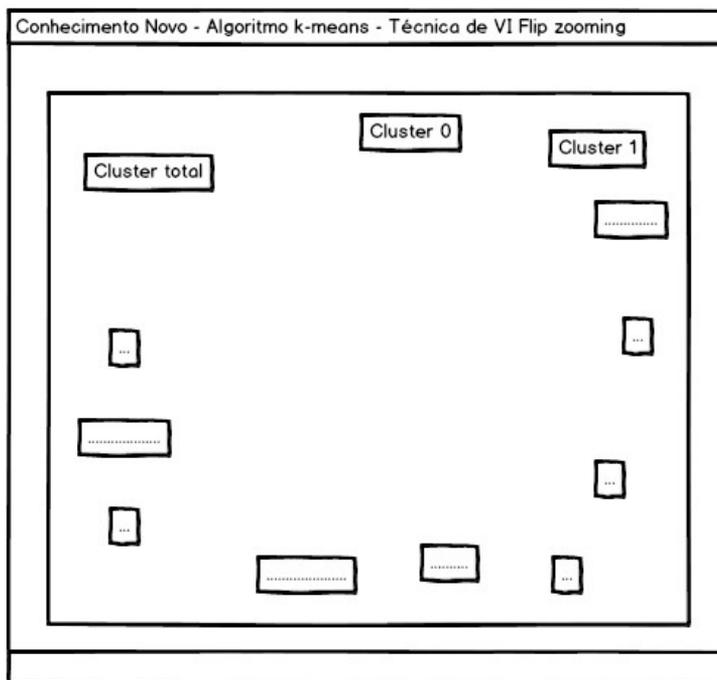


Figura 9 - Classes distribuídas na janela de exibição

Fonte: Autoria própria (2013).

Esta técnica dispõe os grupos num plano e permite que se mova uma classe para o centro para ver as informações detalhadas, conforme a Figura 10.

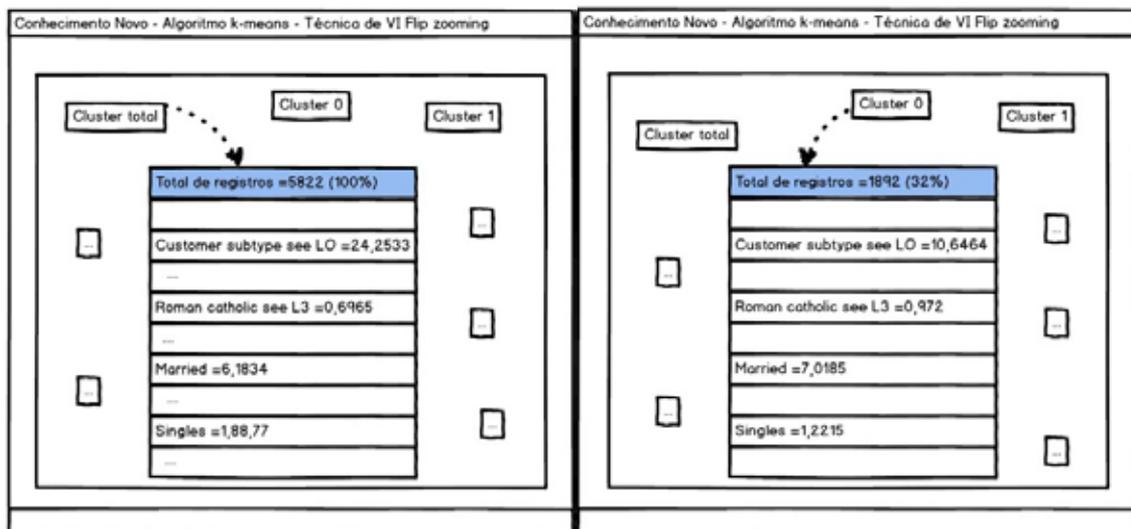


Figura 10 - Conteúdo detalhado do *cluster* movido para o centro

Fonte: Autoria própria (2013).

A Figura 11 mostra como as classes podem ser representadas aplicando a técnica de visualização coordenadas paralelas.

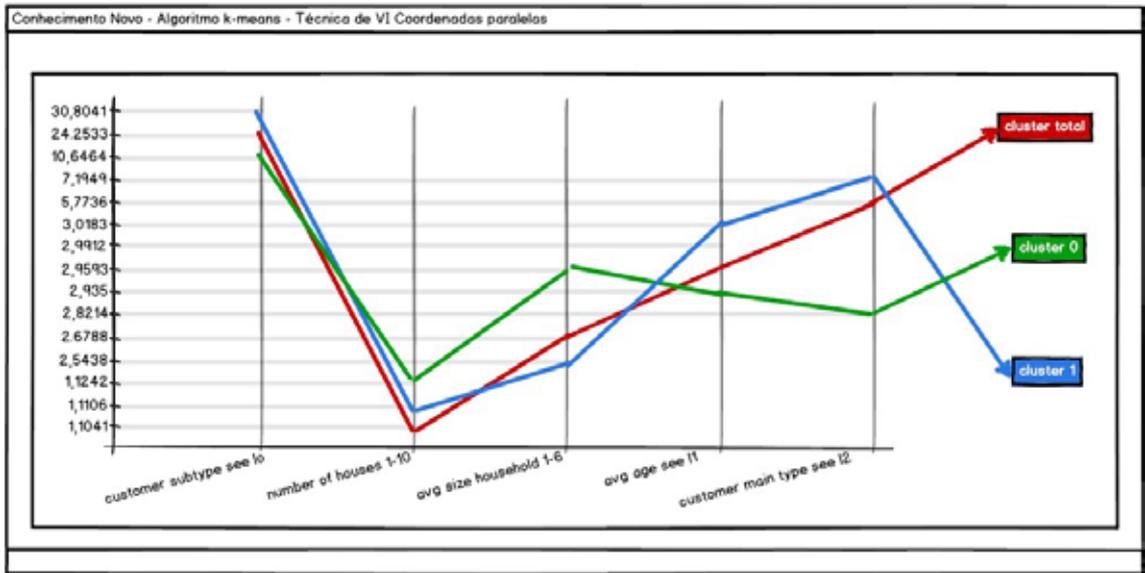


Figura 11 - Classes representadas pela técnica coordenadas paralelas

Fonte: Autoria própria (2013).

Esta técnica também permite diferenciar as informações de cada classe por cor. A linha de cor igual indica as informações pertencentes a cada grupo.

Protótipo para Representação Visual do Algoritmo *a Priori*

Um exemplo aplicando a técnica figura de arestas está ilustrada na representação das relações de dependência das regras de associação conforme apresenta a Figura 12.

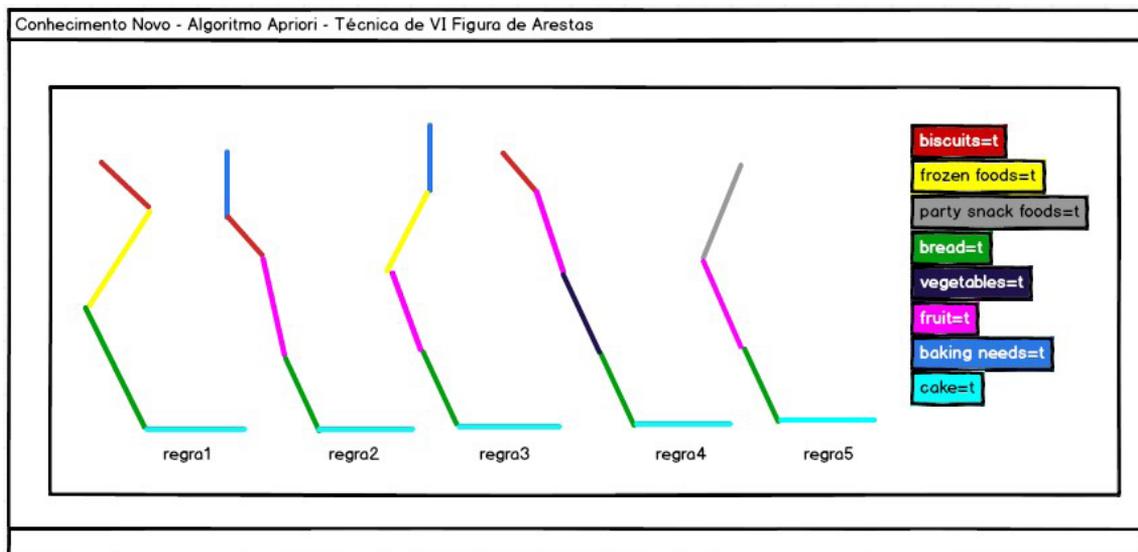


Figura 12 - Relações de dependência por cores na figura de arestas

Fonte: Autoria própria (2013).

O desenho da técnica leva em consideração a relação indicada.

Outra forma de representar as regras de associação é por meio da técnica de visualização grafos, onde cores e setas podem ajudar na compreensão das relações de dependências. A Figura 13 exemplifica a aplicação desta técnica.

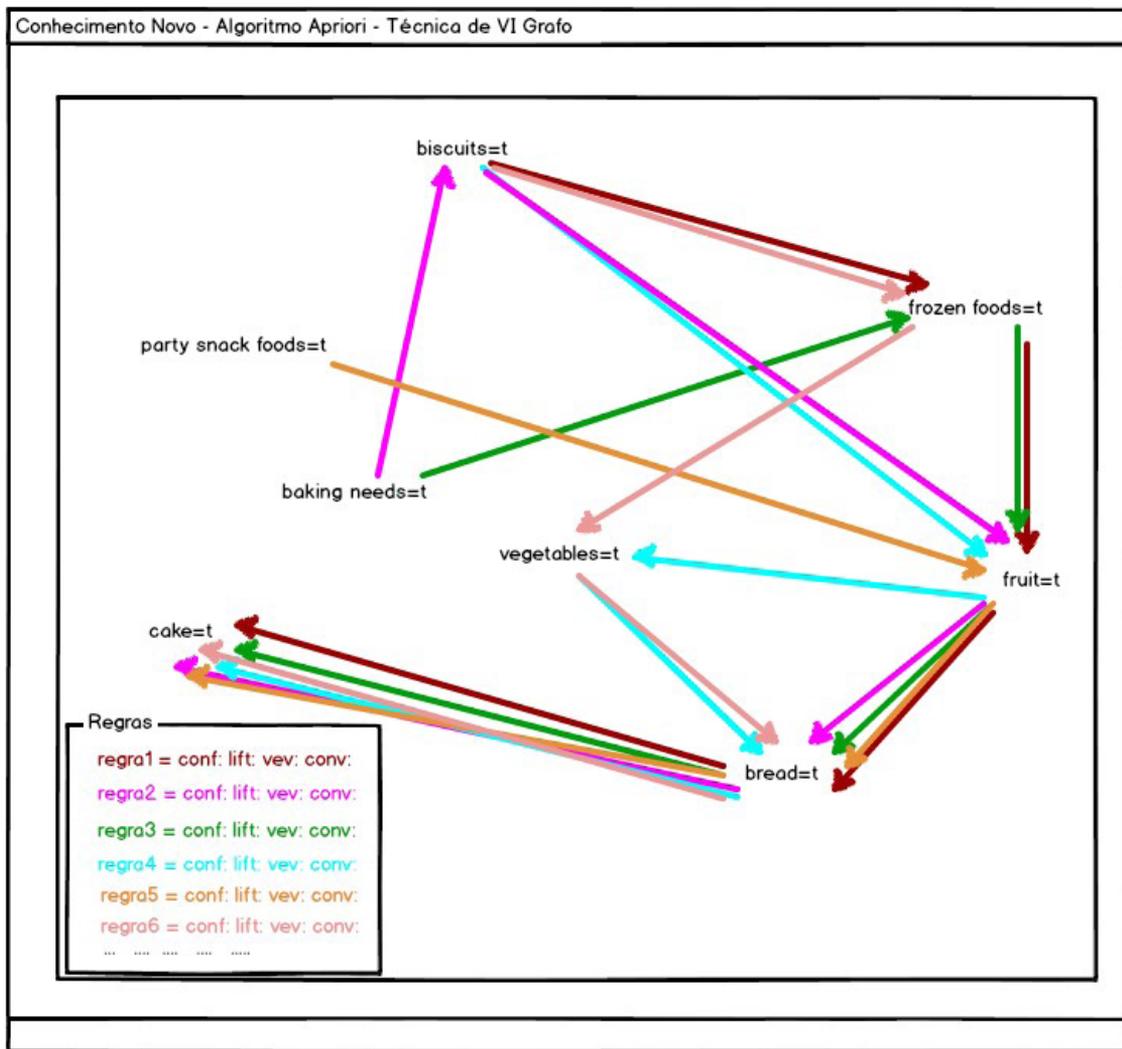


Figura 13 - Relação de dependência representada pela técnica grafos

Fonte: Autoria própria (2013).

ARRAZOADOS

Em um ambiente organizacional, a demora na captação e disseminação de informações relevantes pode significar prejuízo ao planejamento estratégico. Diante desta situação, os administradores precisam buscar meios que tornem viável a aplicação das informações nas decisões cotidianas.

Este capítulo consistiu na identificação das informações constantes nos resultados minerados e na construção de uma correlação destas informações com as estruturas fornecidas pelas técnicas de visualização de informações. Este processo foi exemplificado na apresentação de protótipos das telas das técnicas de visualização que se mostraram mais adequados para as informações fornecidas pelos algoritmos de mineração na divisão denominada conhecimento novo.

A capacidade de reduzir ou expandir a carga informativa e focar-se em apenas uma informação por vez, ou seguir apenas um relacionamento, mostrou-se uma vantagem na utilização das técnicas *flip zooming*, *cone tree*, *treemap*, *cheops*, *information slices*, *bifocal tree* e grafos, que possuem esta capacidade. Além disso, as cores se mostraram auxiliares na compreensão das informações de desigual relevância ou na distinção proposital, tanto nas técnicas citadas anteriormente, quanto nas coordenadas paralelas, orientada a *pixel* e figura de arestas.

Os relacionamentos e os padrões representados por árvores, modelos de conhecimento gerados pelo algoritmo J48, são melhores visualizados por sete técnicas de natureza hierárquica.

Quando os grupos e padrões são representados por classes (modelos de conhecimento característicos do algoritmo *K-means*), uma técnica da categoria geométrica, uma orientada a *pixel*, duas iconográficas e três da hierárquica se mostraram mais adequadas.

Para os modelos de conhecimento extraídos pelo algoritmo *a priori* que são regras de associação e padrões por meio da relação de dependência, duas técnicas (uma iconográfica e uma hierárquica) foram verificadas como as melhores para este tipo.

Os protótipos apresentados, por serem construções simples, não contêm todos os recursos inerentes às técnicas de visualização de informações; por exemplo, a téc-

nica *information cube*, ainda pode ter sua projeção em modo tridimensional tornando ainda mais amigável a representação do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste capítulo foi apresentar uma correlação entre as informações e os formatos de apresentação de conhecimento extraído pelas técnicas e algoritmos escolhidos (classificação - J48, clusterização-algoritmo *K-means*, associação-algoritmo *a priori*) implementados pela ferramenta WEKA com a estrutura gráfica das técnicas de visualização de informações.

A mineração de dados se apresenta como principal meio para a busca de informações e de grande valia no processo de gestão e de tomada de decisão. No entanto, seus desenvolvedores precisam estar atentos para não focarem apenas na funcionalidade, pois, problemas ligados à interpretação podem desmotivar e afastar os potenciais usuários.

Uma forma de contornar esta situação é a aplicação de recursos visuais familiares ao usuário na substituição de textos por símbolos.

A área de visualização de informações torna mais acessível e fácil a interpretação de informações, deixando o usuário mais dedicado ao problema de pesquisa e menos ao entendimento de como funciona a ferramenta.

Para isso, foi necessário identificar os modelos de conhecimento (tarefas e métodos) gerados pelas técnicas de mineração e verificar quais eram realizados pelos algoritmos *J48*, *K-means* e *a priori*. Para tornar mais fácil o estudo das informações, o resultado fornecido pela WEKA foi dividido em cabeçalho, conhecimento novo e informações adicionais.

Depois disso, foram analisadas as técnicas de visualização e verificadas quais suportavam as tarefas e os métodos estabelecidos anteriormente. Com isso, foram analisadas as técnicas tendo como resultados: *information cube*, *cone tree*, *treemap*, *cheops*, *information slices*, *bifocal tree* e grafos para o algoritmo J48; coordenadas paralelas, *pixel*, glifo em estrela, figura de arestas, *flip zooming*, *treemap* e grafos para o algoritmo *K-means*; e, figura de arestas e grafos para o algoritmo *a priori*.

Finalmente, foram construídas telas de exibição com o objetivo de exemplificar a representação do conhecimento presente em conhecimento novo dos algoritmos e, assim, foi possível constatar a melhoria na apresentação e percepção das informações exibidas.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, D. S.; TAVARES, J. M. R. S. Fatores de percepção visual humana na visualização de dados. In: CONGRESSO INTERNACIONAL EM MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA E CONGRESSO IBERO-LATINO-AMERICANO SOBRE MÉTODOS COMPUTACIONAIS EM ENGENHARIA (CMNE/Cilamce), 2007, Porto. **Anais...** Porto: CMNE/Cilamce, 2007.
- BALSAMIQ. **Ferramenta de prototipação**. 2013. Disponível em: <<http://webdemo.balsamiq.com/>>. Acesso em: 01 jun. 2013.
- BARBOSA, D. C. C.; MACHADO, M. A. Mineração de dados usando o software WizRule em base de dados de compras de TI. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, Curitiba, v. 10, p. 37-57, 2007. Disponível em: <<http://revistas.facecla.com.br/index.php/reinfo/article/download/184/93>>. Acesso em: 24 set. 2012.
- CARDOSO, O. N. P.; MACHADO, R. T. M. Gestão do conhecimento usando data mining: estudos de caso na Universidade Federal de Lavras. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 495-528, maio/jun. 2008.
- CASTANHEIRA, L. G. **Aplicação de técnicas de mineração de dados em problemas de classificação de padrões**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <www.cpdee.ufmg/documentos/Defesas/777/Dissertacao_LucianaCastanheira.pdf>. Acesso em: 12 out. 2012.
- COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE. **Sample WEKA data sets**. 2013. Disponível em: <<http://storm.cis.hordham.edu/~gweiss/data-mining/datasets.html>>. Acesso em: 02 mar. 2013.
- DIAS, M. P.; CARVALHO, J. O. F. A visualização da informação e a sua contribuição para a ciência da informação e biblioteconomia. **Revista Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 5, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/pbcib/article/view/6109>>. Acesso em: 22 abr. 2012.

DOMINGUES, M. A. **Generalização de regras de associação**. 171 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação e Matemática Computacional) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-10082004-154242/publico/dissertacao.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2012.

ESTIVALET, L. F. **O uso de ícones na visualização de informações**. 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1629>>. Acesso em: 13 maio 2012.

FARIA, A. C.; LAUDELINO, J. A. S.; DOMINGUES, M. J. C. S. A relevância do sistema de informação em pequena empresa do segmento de construção civil. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 3., 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SEGET, 2006.

GALVÃO, N. D.; MARIN, H. F. Técnica de mineração de dados: uma revisão da literatura. **Acta Paulista Enfermagem**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 686-690, set./out. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002009000500014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12 abr. 2012.

KEIM, D.; WARD, M. Visual data mining techniques. In: BERTHOLD, M. (Ed.). **Intelligent data analysis: an introduction**. Berlin: Springer, 2002. Disponível em: <<http://kops.ub.uni-konstanz.de/volltexte/2009/6984/>>. Acesso em: 05 abr. 2012.

MAFRA, F. N.; COSTA, D. M.; FERNANDES, L. A. C.; AQUINO JÚNIOR, P. T. Compositor de personagens fictícios para caracterização de usuários. In: CONFERÊNCIA IADIS IBERO-AMERICANA, 2008, Lisboa. **Anais...** Lisboa: IADIS, 2008. Disponível em: <www.iadis.net/dl/final_uploads/200819L036.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2012.

MORAES, A. F.; BASTOS, L. C.; BITTENCOURT, R. G. Data Mining: uma experiência em cadastro técnico multifinalitário urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 2., 2002, Itajaí. **Anais...** Itajaí: UNIVALI, 2002. Disponível em: <<http://www.cbcomp.univali.br>>. Acesso em: 19 abr. 2012.

NEVES, J. M. S. A implantação de tecnologias da informação como fator de competitividade nos sistemas produtivos e nos negócios. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2006. Disponível em: <www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/251.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2012.

OLIVEIRA NETO, A. A. O. **IHC: Interação humano computador: modelagem e gerência de interfaces com o usuário**. Florianópolis: Visual Books, 2008.

PERNOMIAN, V. A. **Visualização exploratória de dados do desempenho na aprendizagem em um ambiente adaptável**. 2008. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

RAUTER, A.; BENATO, K. Visualização da informação aplicada à estratégia competitiva de uma Instituição Educacional. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas – GEPROS**, Bauru, n. 1, p. 107-115, set./dez. 2006. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/125/87>>. Acesso em: 18 ago. 2012.

RODRIGUES FILHO, J. A. F. **Data mining**: conceitos, técnicas e aplicação. 2001. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <www.beto.pro.br/DtMining.pdf>. Acesso em: 13 set. 2012.

ROMÃO, W.; NIEDERAUER, C. A. P.; MARTINS, A.; TCHOLAKIAN, A.; PACHECO, R. C. S.; BARCIA, R. M. Extração de regras de associação em C&T: o algoritmo *A priori*. In: ENCONTRO NACIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 1999. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0901.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2011.

SCHUCH, R.; DILL, S. L.; SUASEN, P. S.; PADOIN, E. L.; CAMPOS, M. Mineração de dados em uma subestação de energia elétrica. In: BRAZILIAN CONFERENCE ON DYNAMICS, CONTROL AND THEIR APPLICATIONS, 9., 2010, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: DINCON'10, 2010. Disponível em: <www.sbmac.org.br/dincon/trabalhos/PDF/energy/68015.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2012.

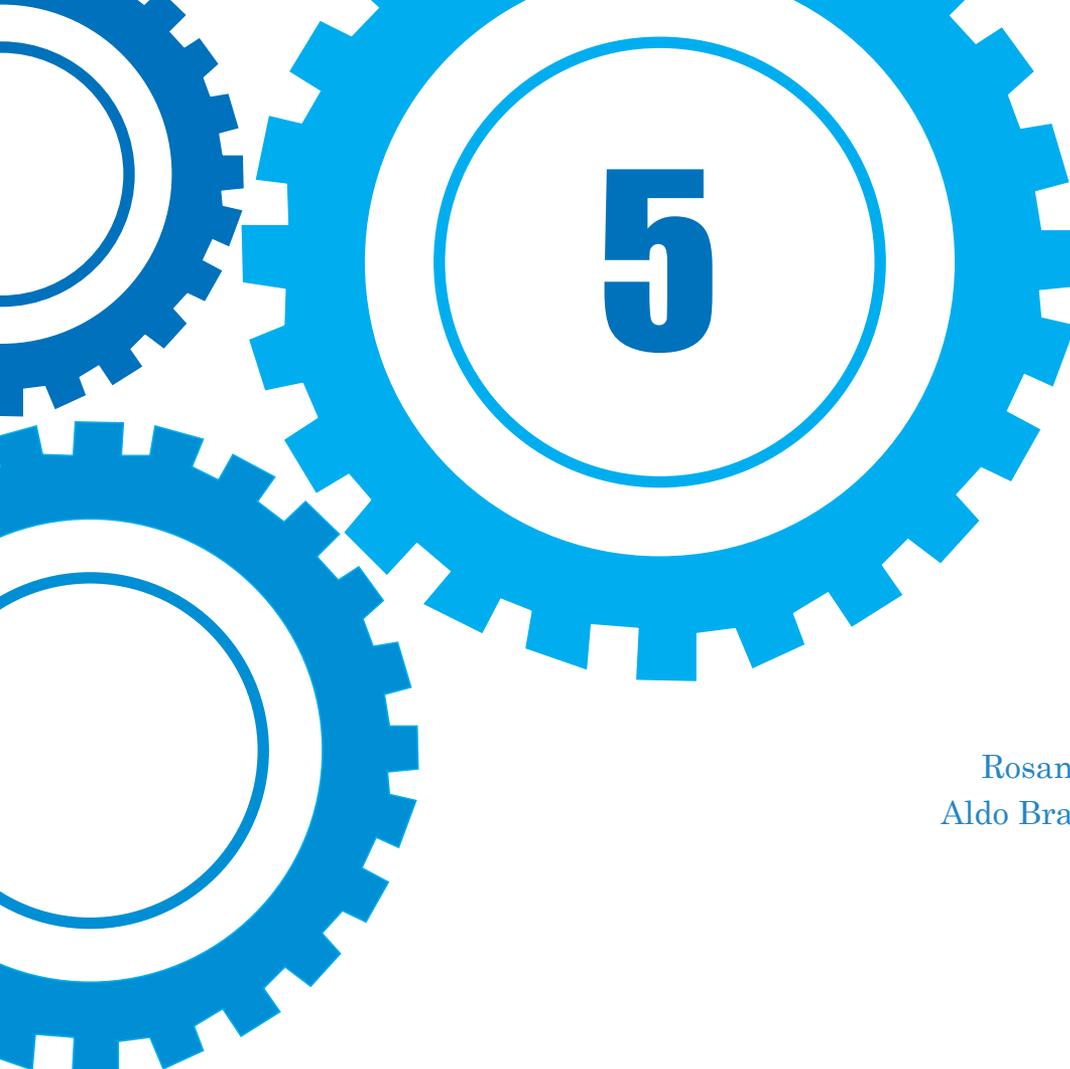
SILVA, C. G. Considerações sobre o uso de visualização de informações no auxílio à gestão da informação. In: SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE, 34., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SEMISH, 2007. Disponível em: <www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/semish/2007/002.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2012.

SILVA NETO, M. A.; VILLWOCK, R.; SCHEER, S.; STEINER, M. T. A.; DYMINSKI, A. S. Técnicas de mineração visual de dados aplicados aos dados de instrumentação da barragem de Itaipu. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 17, n. 4, p. 721-734, set./out. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2010000400007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 ago. 2012.

UCI MACHINE LEARNING REPOSITORY. **Browse through**: datasets. 2013. Disponível em: <<http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html>>. Acesso em: 22 maio 2013.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. F. **Data mining**: practical machine learning tools and techniques. 2. ed. USA: Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, 2005

YAMAGUCHI, J. K. **Diretrizes para a escolha de técnicas de visualização aplicadas no processo de extração do conhecimento**. 2010. 182 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010. Disponível em: <www.din.uem.br/~mestrado/diss/2010/yamaguchi.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2012.



5

Rosana Travessini
Aldo Braghini Junior

***UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE O
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA***

INTRODUÇÃO

A indústria brasileira de móveis tem potencial para ampliar suas vendas, principalmente através da exportação, pois a maioria dos países do mercado europeu é deficitária na produção de móveis (MARION FILHO; SONAGLIO, 2010).

Neste sentido, um dos fatores considerados fundamentais para aumentar a capacidade competitiva das empresas, é alcançar o sucesso no Desenvolvimento de Produto (DP), considerado cada vez mais um processo decisivo na estratégia competitiva das empresas (TOLEDO et al., 2008; ZHANG; VONDEREMBSE; CAO, 2009). Embora a competitividade não seja determinada unicamente pelo Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), ela está profundamente relacionada, uma vez que um dos fatores indispensáveis ao sucesso de uma organização é a velocidade de lançamento do produto no mercado (SALGADO et al., 2010).

Diante disto, a utilização de modelos para o DP no setor moveleiro se faz necessária, pois estrutura o processo de desenvolvimento e estabelece etapas sistematizadas para o processo de produção, padronizando os fluxos de atividades e de informações, minimizando as incertezas e aumentando a probabilidade de sucesso do produto no mercado.

Desta forma, esta pesquisa teve como objetivos realizar um levantamento das metodologias de DP disponíveis na literatura específica para o setor de móveis; verificar *in loco*, no caso selecionado dentro de setor de móveis, a metodologia adotada; e, por fim, realizar uma comparação entre o teórico e o encontrado no caso estudado. Como contribuição, esta pesquisa mapeia os estudos existentes sobre modelos de PDP adaptados ao setor moveleiro e, ainda, caracteriza o PDP em uma indústria moveleira de pequeno porte.

REFERENCIAL TEÓRICO

Em uma visão geral, o produto é definido como sendo qualquer coisa, um conjunto de atributos tangíveis e intangíveis, ou seja, bens, serviços ou conceitos, que

podem ser oferecidos a um mercado para aquisição ou para consumo, a fim de satisfazer necessidades e expectativas do consumidor (KOTLER, 2001; SLACK, 1996; SEMENICK; BAMOSSY, 1996; MCCARTHY; PERREAULT, 1997). Na indústria, produto é o resultado de atividades ou de processos (BACK et al., 2008).

Para que um produto possa estar apto para o uso do consumidor, deve atender as necessidades particulares ou desejos, para executar sua função adequadamente ao longo do seu ciclo de vida e estar livre de defeitos (SWINK; CALANTONE, 2004). O desafio é saber como tornar o produto uma solução ótima para o consumidor, sendo simples ou complexo, independentemente do nível de exigência estabelecido pelo mesmo.

Diante da exigência de melhor atender o consumidor, o DP vem a ser uma atividade fundamental dentro de uma organização. É avaliado como um processo de negócio cada vez mais crítico para a competitividade das empresas (ROZENFELD et al., 2006). Para Rozenfeld et al. (2006, p. 3), desenvolver produtos consiste em:

Um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo.

Mendes e Toledo (2012) apontam o DP como responsável pela criação de novos produtos e, principalmente, pela melhoria de produtos já existentes. Este processo tem a finalidade de descobrir os fatores de sucesso, ou seja, identificar as melhores práticas (táticas, métodos, ferramentas e técnicas) que, quando bem executadas, contribuem mais significativamente para aumentar as chances de sucesso do novo produto. Vários pesquisadores apontam como principais fatores para o alcance deste sucesso: a capacidade de agrupar a redução dos custos, ao saber como fazer, e, ainda, a avaliação do mercado (PERRONE; DIEGA, 2010; ZHANG; VONDEREMBSE; CAO, 2009).

Podem ser elencados, também, como fatores importantes no desenvolvimento de novos produtos: o estudo da viabilidade técnica e econômica; a elaboração de um pré-projeto, que deverá expor as características principais do novo produto, não sendo necessariamente igual ao modelo a ser manufaturado; e, a percepção e a avaliação do mercado, através de declarações de consumidores potenciais e de pesquisas de mercado (THIER, 2005).

Um dos aspectos que dificultam a eficácia no desenvolvimento de produtos é o fato de que o PDP possui características que o tornam complexo quando comparado a outros processos desenvolvidos pelas organizações (FREITAS, 2010). A presença de vários tipos de incertezas faz com que o seu controle operacional torne-se um grande desafio (DRAGUT; BERTRAND, 2008; CHIN et al., 2009). Sua gestão é considerada complexa, devido à natureza dinâmica do DP, à grande interação com as demais atividades da empresa e à quantidade de informações de natureza econômica, tecnológica e de mercado que são processadas (TOLEDO et al., 2008; KETTUNEM, 2009).

MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PDP

Para Rozenfeld et al. (2006, p. 32):

A formalização do modelo de gestão e de estruturação do desenvolvimento de produto possibilita que todos os envolvidos (alta administração, pessoal das áreas funcionais da empresa e os parceiros) tenham uma visão comum desse processo: o que se espera de resultados do PDP, quais e como as atividades devem ser realizadas, as condições a serem atendidas, as fontes de informação válidas e os critérios de decisão a serem adotados.

O PDP tem a necessidade de se tornar eficaz e eficiente para garantir à organização o cumprimento de sua missão que é favorecer a competitividade da empresa. O resultado desse processo depende, principalmente, da escolha do modelo que irá direcionar a gestão desse projeto (ROZENFELD et al., 2006).

O PDP pode ser visto como um processo de negócio complexo (KAMINSKI; OLIVEIRA; LOPES, 2008; BAXTER, 2003; BADIN, 2005; ROZENFELD et al., 2006), mas apresentando diferentes enfoques de acordo com características específicas de um setor ou de uma empresa. A fim de descrever o PDP de uma forma estruturada, pesquisadores desenvolveram modelos genéricos que pudessem ser usados como referência para a criação de um modelo particular. Esses modelos padronizam o processo e permitem serem usados e, até mesmo adaptados, a um caso específico (SUAREZ, 2009).

Outros pesquisadores procuraram representar realidades de setores específicos do PDP através de modelos de referência. Esses modelos são capazes de direcionar

empresas de pequeno e médio porte que não possuem um PDP estruturado (ROZENFELD et al., 2006; ECHEVESTRE, 2003).

Através de uma análise realizada ao longo do tempo, Suarez (2009) constata que os primeiros modelos de referência apresentados revelam uma estrutura simplificada do desenvolvimento, considerando poucas etapas e atividades. Em sua maioria o escopo desses modelos restringia-se à engenharia, à produção e ao marketing. Os modelos normalmente possuem limitações quanto à sua abrangência. Nem sempre é possível contemplar toda a realidade do setor definido em sua elaboração, uma vez que uma mesma situação pode ser compreendida sob diferentes pontos de vista (MENDES, 2008).

A exemplo de alguns autores: Penso (2003) e Santos (2004) desenvolveram estudos específicos de PDP para a indústria alimentícia; Romano (2003) para máquinas agrícolas; Montemezzo (2003) e Moretti (2012) para produtos da moda; Paula e Ribeiro (2007) para produtos farmacêuticos; Thier (2005) para produtos da indústria de cerâmica vermelha; Barbalho (2006) para produtos mecânicos; Mendes (2008) para produtos de base tecnológica; Campos (2009) para produtos do setor moageiro de trigo; e, Bumgardner, Bush e West (2001) para a indústria de móveis.

MODELO DE REFERÊNCIA PARA O PDP NA INDÚSTRIA DE MÓVEIS

Dada a variabilidade no DP entre as indústrias de diferentes setores, é importante compreender as atividades de DPs específicos para mobiliário. Poucos estudos têm sido publicados a respeito do PDP na indústria de móveis.

O primeiro estudo evidenciado foi realizado por Bennington (1985) onde sua discussão sobre o PDP é essencialmente uma visão geral, com poucos detalhes sobre as atividades específicas que ocorrem em cada etapa. O autor divide o modelo em nove passos, os quais fornecem uma visão geral do PDPs no setor de móveis (BUMGARDNER; BUSH; WEST, 2001).

A estrutura do modelo pode ser visualizada no Quadro 1.

	Passos	Objetivo	Corpo participativo
1	Comissões da reunião de planeamento	Considerações das novas ideias de produto.	Presidente da empresa e um representante para cada setor, <i>designer</i> , produção, <i>marketing</i> , finanças e vendas
2	Preparação do esboço	Uma vez que as ideias de novos produtos foram identificadas, os <i>designers</i> são chamados para preparar os esboços iniciais do produto.	<i>Designers</i>
3	Preparação dos desenhos mecânicos	Estes desenhos formam a base para a produção dos protótipos de móveis.	<i>Designers</i>
4	Construção do protótipo	Obtenção da forma física do móvel.	<i>Designer</i> e produção
5	Avaliação do protótipo	A comissão determina, a partir dos protótipos, as peças mais susceptíveis à venda e determinam um preço inicial.	Presidente da empresa e um representante para cada setor, <i>designer</i> , produção, <i>marketing</i> , finanças e vendas
6	Opiniões do mercado	Convocação dos varejistas a participar de eventos com a apresentação do <i>showroom</i> do fabricante e os protótipos dos novos produtos. Com isto, tem-se a opinião dos varejistas sobre os novos produtos e, por sua vez, são realizados pedidos de embarques acabados.	Varejistas e representante de vendas
7	Exibição de novos produtos no mercado	Participação em feiras de móveis, onde os fabricantes apresentam novos produtos em ambientes de <i>showroom</i> para compradores de varejo.	Comissão
8	Avaliação dos pedidos após mercado	A venda dos novos produtos é avaliada no mercado. Peças individuais ou grupos inteiros que geram pouco interesse durante ou após a exibição de mercado não podem ser fabricados, devido à falta de potencial de lucro.	Comissão
9	Completa produção	Se as amostras de novos produtos gerarem interesse suficiente no mercado, a produção total está agendada.	Setor de produção

Quadro 1 - Modelo Bennington (1985)

Fonte: Adaptado de Bumgardner, Bush e West (2001).

Com o intuito de ampliar o conhecimento das atividades específicas envolvidas no PDP para fabricantes de móveis, Bumgardner, Bush e West (2001) realizaram um estudo em empresas que mantinham as características naturais da madeira (nós, redemoinhos, manchas, entre outros) na fabricação de seus móveis como um diferencial competitivo. A pesquisa teve por objetivo avaliar a influência do uso dessas características naturais da madeira no DP. Os pesquisadores levantaram as atividades relacionadas ao DP nessas empresas e adaptaram ao modelo de Bennington (1985) existente. O novo modelo resultou em 14 passos comparados aos 9 de Bennington (1985). A estrutura do novo modelo pode ser visualizada no Quadro 2.

	Passos do novo modelo	Correspondentes ao modelo de Bennington
1	Identificação de oportunidades/necessidades de novos produtos	Passo 1
2	Geração de ideias de novos produtos	Passo 1
3	Informação dos novos produtos para o projeto	Passo 1
4	Atividades de Projeto	Passo 2
5	Revisão inicial do novo produto	Passo 2
6	Outras atividades do projeto	Passo 3
7	Primeira revisão intermediária do novo produto	Não havia
8	Construção do protótipo/questão de manufatura	Passo 4
9	Segunda revisão intermediária do novo produto	Passo 5
10	Restante do grupo de peças desenhadas pelo <i>designer</i>	Não havia
11	Revisão final do novo produto	Passo 6
12	Preparação para o mercado	Não havia
13	Mercado	Passo 7
14	Produto manufaturado/ordens emitidas	Passo 8 e 9

Quadro 2 - Modelo de Bennington (1985) adaptado

Fonte: Adaptado de Bumgardner, Bush e West (2001).

Entretanto, a adaptação sugerida por Bumgardner, Bush e West (2001) direcionou-se apenas a empresas de grande porte. Neste caso, é válida a observação de que o DP pode ser diferente para as pequenas empresas.

Outro estudo evidenciado foi o realizado pelo pesquisador Hansen (2004) que, em sua pesquisa, apresentou uma proposta de organização das fases iniciais do PDP, características de uma determinada região do sul do Brasil integrando-as ao programa do Sistema de Informações Competitivas (SIC). Este sistema trata-se de um programa vinculado ao setor moveleiro que promove a observação sistemática do mercado e do produto com a finalidade de garantir resultados adequados às demandas do setor, dos clientes e dos consumidores. Como principal contribuição, a sua pesquisa apresentou o PDP como um processo estruturado que permite alavancar o desenvolvimento endógeno da região estudada, a identidade regional como diferencial de *marketing* e a sua capacidade de governança, coordenando ações com vistas a uma estratégia de eliminação de gargalos.

Mendes (2007) contribuiu com uma proposta de sistematização e melhorias no PDP de pequenas e médias empresas do setor. A proposta apresentada pelo referido autor partiu da análise da atual gestão praticada em algumas empresas do setor de um polo moveleiro, também no sul do Brasil. Tal modelo tem como ênfase a reorganização das macroetapas do processo de desenvolvimento, buscando o envolvimento de todas as áreas da organização por meio de equipes multifuncionais. Como principal contribuição, a pesquisa apresentou um modelo estruturado de fácil assimilação e implantação para pequenas e médias empresas do setor, através de discussões das etapas e apresentação de documentos para controle e formalização do PDP.

Poucas são as pesquisas direcionadas ao setor moveleiro, corroborando com Salgado et al. (2010) que concluíram em sua pesquisa, que o foco dos modelos de referência existentes até então, está em ressaltar o que é comum entre os modelos de referência existentes, porém há pouco enfoque em torná-los específicos a um tipo de negócio.

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada em três etapas:

- a) revisão da literatura, a fim de identificar os modelos específicos para a indústria de móveis presentes na literatura;
- b) estudo de caso, por meio de observação *in loco*, a fim de levantar a metodologia aplicada na indústria do setor;
- c) comparação entre os modelos teóricos e a metodologia utilizada em uma indústria moveleira.

Para a etapa que compreende a revisão da literatura, realizou-se uma pesquisa a nível mundial em três bases de dados:

- a) *Science Direct*;
- b) *Scientific Electronic Library Online* (SciELO);
- c) Scopus.

Também, foram realizadas pesquisas nos bancos de dados de teses e dissertações nacionais. Esta etapa teve por objetivo levantar os modelos de DP específicos para a indústria de móveis.

Para a etapa que corresponde ao estudo de caso, realizou-se a pesquisa em uma indústria definida pela acessibilidade. O intuito dessa análise foi obter informações sobre a estrutura do PDP adotado na indústria.

E para finalizar, realizou-se uma comparação entre os modelos de PDP disponíveis na literatura e a estrutura adotada na indústria pesquisada. Identificou-se, portanto, as etapas comuns entre a metodologia adotada na indústria pesquisada com os modelos específicos para o setor, a fim de caracterizar o processo, assim como, apontar suas fragilidades.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Do levantamento dos modelos de PDP específicos para a indústria de móveis, foram encontrados quatro modelos com enfoque neste setor. O primeiro estudo evidenciado foi realizado por Bennington (1985), anos depois Bumgardner, Bush e West (2001), adaptaram o modelo de Bennington (1985). Outros estudos evidenciados foram o de Hansen (2004) que apresentou uma proposta de organização das fases iniciais do PDP para a indústria de móveis e Mendes (2007) que contribuiu com uma proposta de sistematização e melhorias no PDP de pequenas e médias empresas do setor.

Do estudo de caso, foi possível obter o conhecimento da estrutura do PDP na indústria pesquisada caracterizando a dinâmica do processo. Preocupou-se nesta etapa em extrair informações de um membro que tivesse participação e conhecimento de todo o PDP da indústria. Para tanto, contou-se com a participação do Sócio-Gerente da indústria pesquisada.

A indústria pesquisada classificada como sendo de pequeno porte trabalha com portfólio de produtos desenvolvidos a cada ano, com variação de 10 a 15 modelos.

A estrutura do método para o PDP aplicado na indústria pesquisada pode ser visualizada no Quadro 3.

De acordo com o Quadro 3 foi possível identificar dez fases na estrutura do PDP adotado pela indústria, sendo uma delas, reconhecida como *gate* (que é uma atividade de decisão), mais especificamente, a fase 3. Nota-se a participação do sócio-gerente na atividade de decisão, uma prática comum em empresas de administração familiar.

Mediante essa estruturação pode-se, também, identificar, além das principais atividades, os documentos gerados, bem como os cargos responsáveis pelas atividades do PDP da indústria pesquisada. Os documentos gerados são, em sua grande maioria, relatórios.

Para a comparação das metodologias utilizou-se como base o modelo de Bennington (1985) adaptado por Bumgardner, Bush e West (2001), uma vez que estes apresentaram uma versão mais completa e atualizada do modelo e, ainda, os modelos de Hansen (2004) e Mendes (2007). A comparação entre as estruturas específicas para o

PDP encontradas na literatura com a metodologia adotada na indústria pesquisada pode ser visualizada no Quadro 4.

	Etapas	Tarefas	Responsável	Documentos gerados
1	Coleta de informações	Avaliação do <i>feedback</i> dos consumidores ao portfólio anterior	Representante comercial, engenheiro e sócio-gerente	Relatórios
2	Criação das novas ideias	Geração das propostas dos novos produtos	Representante comercial e sócio-gerente	Relatórios
3	Atividade de decisão	Aprovação das novas ideias	Representante comercial e sócio-gerente	Relatórios
4	Desenvolvimento do plano do projeto	Escolha dos materiais, orçamento e recursos necessários	Representante comercial e sócio-gerente	Relatórios
5	Fabricação dos protótipos	Fabricação do protótipo físico	Encarregados da Produção	Relatórios
6	Criação do portfólio	Escolha dos produtos que irão compor o novo portfólio e os que deixarão de fazer parte	Representante comercial, engenheiro e sócio-gerente	Cartela de produtos
7	Preparação da produção	Verificação da capacidade tecnológica da linha de produção e produção	Sócio-gerente e engenheiro	Relatórios
8	Definição das estratégias	Definição das estratégias de vendas, distribuição e <i>marketing</i>	Representante comercial, engenheiro e sócio-gerente	Relatórios
9	Inserção do produto no mercado	Vendas	Representantes comerciais	Pedidos
10	Acompanhamento do produto	Assistência técnica	Representantes comerciais	Relatórios

Quadro 3 - Estrutura do PDP na indústria pesquisada

Fonte: Autoria própria (2014).

Etapas	Modelo de Bennigton (1985) adaptado por Bumgardner, Bush e West (2001)	Hansen (2004)	Mendes (2007)	Metodologia aplicada na indústria pesquisada
1	Identificação de oportunidades/ necessidades de novos produtos	Prospecção e análise preliminar; desenvolvimento das estratégias de <i>marketing</i> ; análise comercial; desenvolvimento do planejamento	Planejamento do projeto	Coleta de informações
2	Geração de ideias de novos produtos	-	Projeto conceitual	Criação das novas ideias, criação do portfólio e atividade de decisão
3	Informação dos novos produtos para o projeto	-	Projeto detalhado	Desenvolvimento do plano do projeto
4	Atividades de projeto	-	Planejamento do projeto	-
5	Revisão inicial do novo produto	-	Projeto detalhado	-
6	Outras atividades do projeto	-	Planejamento do projeto	-
7	Primeira revisão intermediária do novo produto	-	Projeto detalhado	-
8	Construção do protótipo/ questão de manufatura	-	Desenvolvimento e aprovação do protótipo	Fabricação dos protótipos
9	Segunda revisão intermediária do novo produto	-	Desenvolvimento e aprovação do protótipo	-
10	Restante do grupo de peças desenhadas pelo <i>designer</i>	-	Projeto detalhado	-
11	Revisão final do novo produto	-	Desenvolvimento e aprovação do protótipo	-

Etapas	Modelo de Bennigton (1985) adaptado por Bumgardner, Bush e West (2001)	Hansen (2004)	Mendes (2007)	Metodologia aplicada na indústria pesquisada
13	Preparação para o mercado	-	Produção e <i>marketing</i>	Preparação da produção e definição das estratégias
13	Mercado	-	Comercialização e vendas	Inserção do produto no mercado
14	Produto manufaturado/ordens emitidas	-	-	-
15	-	-	-	Acompanhamento do produto

Quadro 4 - Comparação entre as metodologias para o PDP

Fonte: Autoria própria (2014).

Diante da comparação apresentada no Quadro 4, é possível verificar que as práticas adotadas pela indústria pesquisada correspondem a apenas seis etapas dos modelos específicos encontrados na literatura.

Esta comparação mostra a fragilidade do PDP da indústria. Etapas consideradas fundamentais para o processo não são realizadas, tais como: o Planejamento do projeto, projeto detalhado do produto e atividades de *gate*, neste caso, especificamente, a aprovação do protótipo.

Basicamente, o estudo mostra a realidade de uma empresa que segue uma sequência de tarefas não formalizadas. É uma empresa que não busca envolver as diversas áreas do conhecimento no processo, tampouco possui um setor específico para o desenvolvimento. A empresa, ainda, aponta as dificuldades para a administração do tempo para o processo de desenvolvimento e a falta de profissionais qualificados.

Com base na comparação, foi possível identificar como uma fragilidade nas fases iniciais, a falta de sistematização da coleta de informações necessárias para alimentar o desenvolvimento dos novos produtos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que há poucas pesquisas direcionadas ao setor moveleiro. Todos os modelos encontrados na revisão de literatura possuem o foco em empresas de médio e de pequeno porte. Ainda, os modelos propostos por Hansen (2004) e Mendes (2007) são direcionados para uma região característica, os quais estudaram as necessidades de duas regiões isoladas localizadas no Sul do Brasil.

Com a pesquisa *in loco*, nota-se uma fragilidade na estrutura do PDP adotada na indústria estudada. O estudo de caso, apesar de não ser representativo por se tratar de uma única indústria, pode ser visto como uma realidade vivida por indústrias de pequeno porte do setor, mostrando a necessidade que as indústrias dessa natureza possuem em contar com o suporte técnico para o DP.

Devido à carência de metodologias específicas para o setor e a fragilidade na estrutura do PDP adotado na indústria, nota-se uma necessidade de melhorar a gestão do DP no setor moveleiro.

Neste caso, um estudo futuro para desenvolver um modelo de referência para o PDP da indústria de móveis se torna fundamental. Esta proposta de estruturação para o DP pode resultar em novas perspectivas de produção, melhor desempenho e capacitação da equipe, proporcionando melhores condições de competitividade para indústrias desse setor. O desenvolvimento de um modelo poderá ser utilizado como referência para as empresas estruturarem o PDP, permitindo que os profissionais da área sistematizem as suas etapas, tendo como consequência, a redução do tempo de execução. Além das empresas, o modelo pode servir de base para os pesquisadores que atuam no PDP, sobretudo em pesquisas referentes às indústrias de móveis.

REFERÊNCIAS

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. São Paulo: Manole, 2008.

BADIN, N. T. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos integrando fornecedores e baseado nos conceitos de engenharia simultânea, custeio-alvo e empresa virtual**. 2005. 232 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

BARBALHO, S. C. M. **Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos: proposta e aplicações**. 2006. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

BENNINGTON, R. R. **Furniture marketing: for product development to distribution**. New York: Fairchild Publications, 1985.

BUMGARDNER, M. S.; BUSH, R. J.; WEST, C. D. Product development in large furniture companies: a descriptive model with implications for character-marked products. **Wood and Fiber Science**, v. 33, n. 2, p. 302-313, 2001.

CAMPOS, S. U. **O processo de desenvolvimento de produto do setor de moageiro de trigo: proposição de um modelo de referência**. 2009. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CHIN, K. C.; YANG, J.; WONG, S. Y.; WANG, H. Assessing new product development project risk by bayesian network with a systematic probability generation methodology. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 6, p. 9879-9890, 2009.

DRAGUT, A. B.; BERTRAND, J. W. M. A representation model for the solving-time distribution of a set of design tasks in new product development (NPD). **European Journal of Operational Research**, v. 189, n. 3, p. 1217-1233, 2008.

ECHEVESTE, M. E. S. **Uma abordagem para estruturação e controle do processo de desenvolvimento de produtos**. 2003. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FREITAS, F. L. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos das empresas nascentes de base tecnológica da incubadora MIDI Tecnológico**. 2010. 225 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

HANSEN, R. **Proposta de estruturação das fases iniciais do PDP para o setor moveleiro de Bento Gonçalves**. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

KAMINSKI, P. C.; OLIVEIRA, A. C.; LOPES, T. M. Knowledge transfer in product development processes: a case study in small and medium enterprises (SMEs) of the metal-mechanic sector from São Paulo, Brazil. **Technovation**, v. 28, n. 1-2, p. 29-36, 2008.

KETTUNEM, P. Adopting key lessons from agile manufacturing to agile software product development: a comparative study. **Technovation**, v. 29, n. 6-7, p. 408-422, 2009.

KOTLER, P. **Marketing para o século XXI**. 8. ed. São Paulo: Futura, 2001.

MARION FILHO, P. J.; SONAGLIO, C. M. Inovações tecnológicas na indústria de móveis: uma avaliação a partir da concentração produtiva de Bento Gonçalves (RS). **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 93-118, jan./jun. 2010.

MCCARTHY, E. J.; PERREAULT, W. D. **Marketing essencial: uma abordagem gerencial e global**. São Paulo: Atlas, 1997.

MENDES, A. **Proposta de sistematização e melhorias no processo de desenvolvimento de produtos de pequenas e médias empresas do setor moveleiro**. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MENDES, G. H. S. **O processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica: caracterização da gestão e proposta de modelo de referência**. 2008. 309 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MENDES, G. H. S.; TOLEDO, J. C. Explorando práticas do desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas do setor de equipamentos médico-hospitalares. **Gestão & Produção**, São Carlos, SP, v. 19, n. 1, p. 103-117, 2012.

MONTEMEZZO, M. C. F. S. **Diretrizes metodológicas para o projeto de produtos de moda no âmbito acadêmico**. 2003. 97 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Desenho Industrial, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2003.

MORETTI, I. C. **Proposta de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produto do vestuário**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

PAULA, I. C.; RIBEIRO, J. L. D. A proposal of a reference model for the pharmaceutical PDP management. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 4, n. 2, p. 5-32, 2007.

PENSO, C. C. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos na indústria de alimentos**. 2003. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PERRONE, G.; DIEGA, S. N. Designing multi-attribute auctions for engineering services procurement in new product development in the automotive context. **International Journal Production Economics**, v. 124, n. 1, p. 20-31, 2010.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. 2003. 266 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria de processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALGADO, E. G.; SALOMON, V. A. P.; MELLO, C. H. P.; FASS, F. D. M.; XAVIER, A. F. Modelo de referência para desenvolvimento de produtos: classificação, análise e sugestões para pesquisas futuras. **Revista Produção On Line**, v. 10, n. 4, p. 886-911, 2010.

SANTOS, A. C. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos alimentícios: PDPA com ênfase no projeto de processos**. 2004. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SEMENICK, R. J.; BAMOSSY, G. J. **Princípios de marketing: uma perspectiva global**. São Paulo: Makron Books, 1996.

SLACK, N. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996

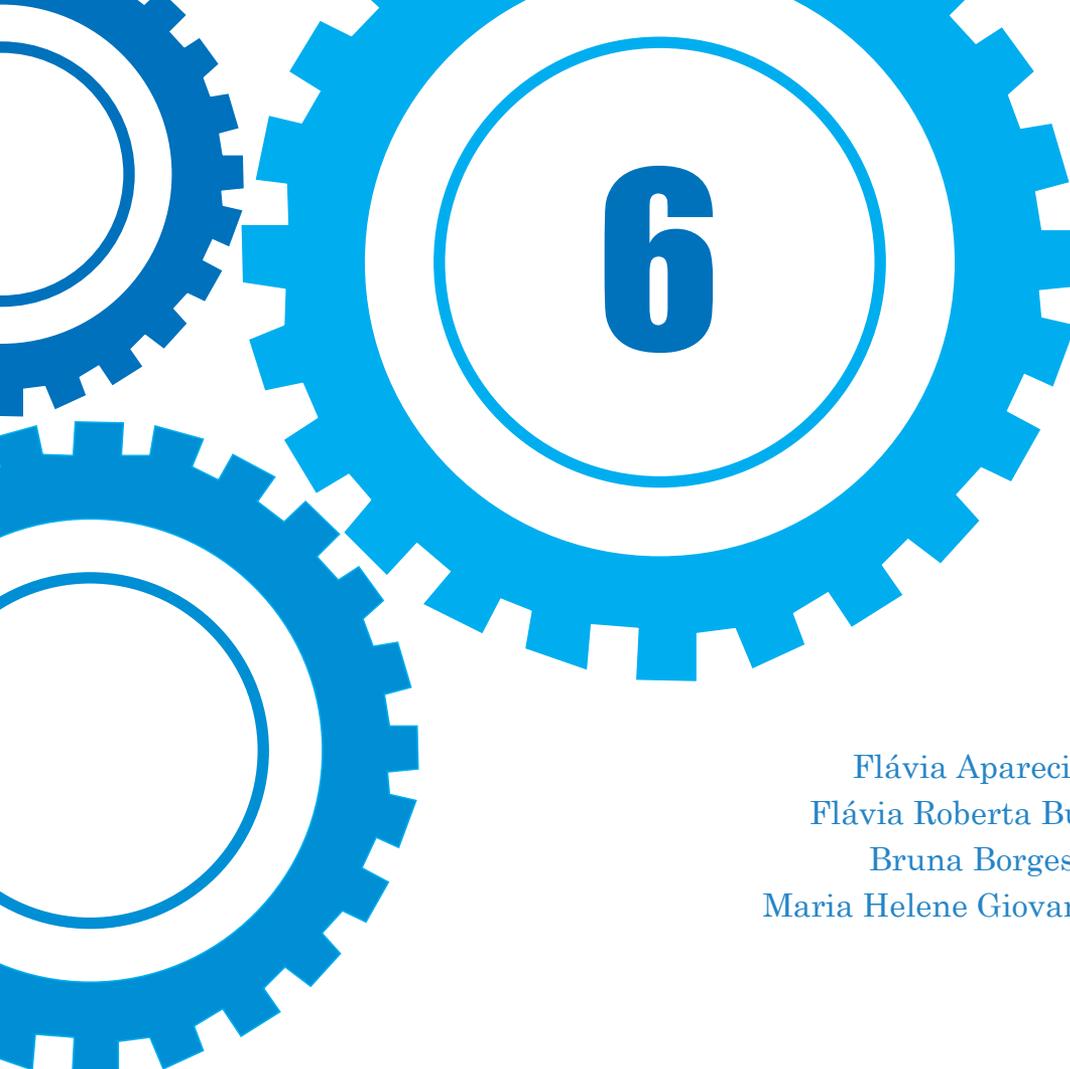
SUAREZ, T. M. **Desenvolvimento de um modelo customizado de PDP para uma empresa mista de produtos e serviços**. 2009. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SWINK, M. L.; CALANTONE, R. Design-manufacturing integration as a mediator of antecedents to new product design quality. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 51, n. 4, p. 472-482, 2004.

THIER, F. **Modelo para o processo de desenvolvimento de máquinas para a indústria de cerâmica vermelha**. 2005. 314 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; MARTINS, M. F.; FERRARI, F. M. Práticas de gestão no desenvolvimento de produtos em empresas de autopeças. **Produção**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 405-422, maio/ago. 2008.

ZHANG, Q.; VONDEREMBSE, M., A.; CAO, M. Product concept and prototype flexibility in manufacturing: implications for customer satisfaction. **European Journal of Operational Research**, v. 194, n. 1, p. 143-154, 2009.



6

Flávia Aparecida Henrique
Flávia Roberta Buss Marena
Bruna Borges Mlynarczuc
Maria Helene Giovanetti Canteri

***APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA
DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO
COMO INOVAÇÃO AGROINDUSTRIAL
PARA CONTROLE DE QUALIDADE DE
PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL***

INTRODUÇÃO

Em função do desenvolvimento econômico mundial nas últimas décadas, há tendência para o aumento contínuo na produção mundial de frutas, visto que, com maior renda *per capita*, maior a tendência em consumir produtos hortícolas e de origem animal, alimentos não integrantes das culturas básicas (CONWAY, 2003).

O aumento da aquisição de sucos processados na área urbana influenciou o mercado dos frutos *in natura*, com acréscimo no consumo e na exportação de produtos processados e concentrados e de polpas, devido aos sistemas mais aprimorados de transporte, de distribuição e de melhorias nos métodos de cultivo e de processamento (ASKAR, 1998; GONÇALVES; SOUZA, 2006). Com esse panorama, a produção, o processamento e o controle de qualidade de frutos tornam-se cada vez mais relevantes.

As inovações tecnológicas na indústria de alimentos buscam o aumento de produtividade e redução de custos, bem como a agregação de valor ao produto final. A agroindústria inova para atender ao mercado internacional, o que exige o desenvolvimento de novas tecnologias de produto e de processo, provenientes, também, de instituições públicas de ensino, de pesquisa e de desenvolvimento (RODRIGUES, 2012).

A utilização de sistemas de monitoramento de processos dentro da indústria desenvolve-se de modo crescente, sempre buscando tecnologias capazes de obter resultados rápidos e confiáveis (CARVALHO et al., 2010). A tecnologia do espectro infravermelho próximo, do inglês *Near InfraRed* (NIR), é promissora para as indústrias de alimentos, com custo de implantação relativamente baixo e resultados precisos (PARPINELLO et al., 2013). Essa técnica pode auxiliar a interpretação das análises químicas e microbiológicas convencionais, incluindo a avaliação da qualidade dos frutos (EGIDIO et al., 2009).

Este capítulo destaca a importância da tecnologia do NIR associada às ferramentas de análise multivariada, como possibilidade inovadora e promissora para o controle de qualidade de produtos de origem vegetal.

QUALIDADE DE FRUTOS

A qualidade dos frutos apresenta elevada complexidade com modificações no decorrer do tempo. Dentre estas, podem ser destacadas as de textura, da firmeza à maciez; de sabor, doçura e acidez; as várias nuances de cor; de aroma, com odor típico no ponto ótimo de maturação e nutricionais, com aumento de carotenoides e de antioxidantes. Essas mudanças interferem na estabilidade durante o processamento e o armazenamento (BUREAU, 2014) (informação verbal)¹.

A maior parte das técnicas instrumentais para aferição dessas propriedades são destrutivas e exaustivas. Em função disso, existe uma demanda de tecnologias analíticas inovadoras, práticas e rápidas para avaliação global da qualidade dos frutos (BUREAU et al., 2009). Ressalta-se que análises como da cor e da firmeza eram subjetivas até final do século XX, pois não havia instrumentos precisos de medição acessíveis para ensino e pesquisa, capazes de quantificar essas características.

A determinação da qualidade de frutos faz-se importante para comparar o potencial de novas variedades e o efeito de práticas de cultivo, para melhor compreensão dos atributos de qualidade e suas alterações durante o amadurecimento e pós-colheita, para caracterizar matérias-primas antes do processamento, visando adaptar métodos e otimizar a qualidade do produto final (BUREAU, 2014) (informação verbal)¹.

ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO

A tecnologia do NIR é um método instrumental de medição baseado nas propriedades de absorção e de emissão de energia numa região específica do espectro eletromagnético (MILLER; MILLER, 2010), correspondente a comprimentos de onda que variam de 780 a 2.500 nm, detectada fora da região do visível, conforme Tabela 1 (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

¹ Palestra proferida por S. Bureau na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em Ponta Grossa, em 28 de janeiro de 2014.

Tabela 1 - Características das regiões espectrais do infravermelho

Região Espectral	Número de onda (cm ⁻¹)	Comprimento de onda (nm)	Frequência (Hz)
Próximo (NIR)	12800 a 4000	780 a 2500	3,8 x10 ¹⁴ a 1,2 x10 ¹⁴
Médio (MID)	4000 a 200	2500 a 50000	1,2 x10 ¹⁴ a 6,0x10 ¹²
Distante (FAR)	200 a 10	50000 a 1000000	6,0 x10 ¹² a 3,0 x10 ¹¹

Fonte: Skoog, Holler e Nieman (2002).

Nota: NIR= do inglês, *Near Infrared* ou infravermelho próximo; MID, do inglês, *Middle Infrared* ou infravermelho médio; FAR, do inglês, *Far Infrared* ou infravermelho distante.

A espectroscopia de infravermelho próximo é um método rápido de análise química que fornece os resultados de múltiplas propriedades em amostras preparadas ou não, capaz de ser empregado em processos produtivos como um controle eficaz (ALMEIDA et al., 2005).

O espectrofotômetro é equipado com um cabo de fibra ótica (Tipo 847-072.200) acoplado a um detector e a uma fonte de luz de quartzo-halogêneo de 50 W, para fornecer a refletância e emitir o sinal ao espectrofotômetro (Figura 1).

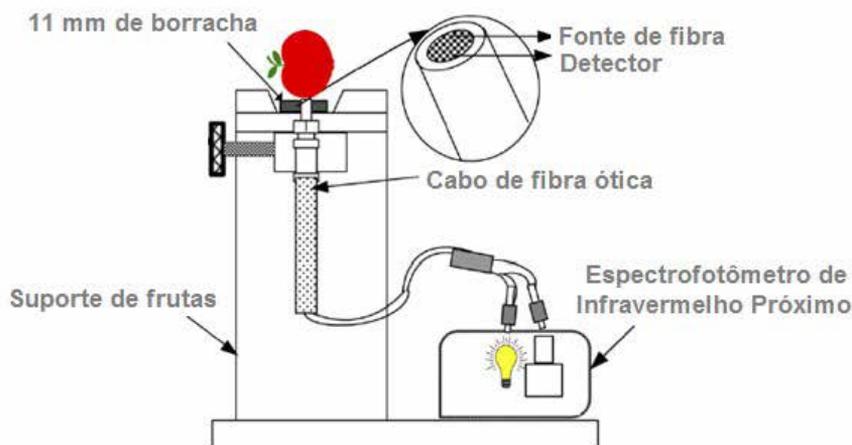


Figura 1 - Esquema de funcionamento de um espectrofotômetro de infravermelho próximo

Fonte: Adaptado de Yang-De et al. (2007).

Os espectros são geralmente calibrados para o modelo matemático desenvolvido (YANG-DE et al., 2007). Para tratamento e interpretação dos dados, em conjunto com o NIR, utiliza-se a ferramenta de calibração multivariada, constituída por um conjunto de técnicas de interpretação aplicadas a resultados referentes a uma determinada análise convencional, utilizada para os cálculos de correlação e regressão dos espectros relacionados, com o objetivo de prever um resultado aproximado (MADALAZZO, 2010).

Dentre os métodos de análise multivariada, a análise dos componentes principais (PCA) consiste na geração de novas variáveis que podem concentrar a informação contida no conjunto original de dados, reduzindo a dimensão do problema e facilitando análises futuras. Os dados utilizados na análise podem ser valores obtidos de parâmetros avaliados ou de respostas instrumentais (espectros). A técnica PCA pode ser processada em vários *softwares* hoje disponíveis, como Pirouette e/ou Matlab, associada a diferentes recursos estatísticos (ALMEIDA et al., 2005).

Essas matrizes sofrem alguns pré-processamentos e tratamentos, com o objetivo de melhorar resultados, como autoescalado e centrado na média, tratamentos como primeira e segunda derivadas e alisamento. O método de Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS) é uma ferramenta da calibração multivariada que permite a correlação dos dados e a validação do método, indicada quando o objetivo é estabelecer uma relação entre dados altamente correlacionados, dados de espectroscopia e físico-químicos (SANTA, 2008). A calibração multivariada consiste de duas fases, calibração e validação. Na calibração, o modelo é obtido aplicando-se os tratamentos necessários; na validação externa, um grupo de amostras é retirado do conjunto inicial com o objetivo de validar o modelo desenvolvido (SAUER, 2007).

Com relação ao uso em frutos, a espectroscopia de infravermelho permite uma rápida avaliação da composição da amostra. Nesse método, há absorção da radiação dos componentes com variação espectral dependente da composição (BUREAU, 2014) (informação verbal)².

² Palestra proferida por S. Bureau na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em Ponta Grossa, em 28 de janeiro de 2014.

NIR EM ALIMENTOS: HISTÓRICO

Os primeiros estudos utilizando espectroscopia de infravermelho próximo na análise de alimentos iniciaram em 1978, na determinação de proteínas, em substituição ao método *Kjeldahl* (SCHUSTER, 1978). Em 1984, foram apresentados os principais avanços desta técnica, com a discussão de métodos de calibração e regressão multivariada visando novas formas de utilização da tecnologia na indústria de alimentos (DAVIES, 1984). Apenas em 1998, a tecnologia do NIR foi efetivamente aplicada na indústria de alimentos, para análise de açúcares (SALGO; NAGY; MIKÓ, 1998).

Ao trabalharem com sete misturas binárias e dez misturas ternárias de diferentes açúcares, na detecção de glucose, de frutose e de sacarose, o método conseguiu identificar a quantidade de cada açúcar em cada amostra, podendo, posteriormente, ser aplicado a sucos de frutas (RAMBLA; GARRIGUES; DE LA GUARDIA, 1997). Tewari, Mehrotra e Irudayaraj (2003) determinaram o conteúdo dos mesmos açúcares na cana-de-açúcar, utilizando o NIR e a ferramenta de calibração PLS.

APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO PARA CONTROLE DA QUALIDADE DE FRUTOS

A região do infravermelho próximo contém essencialmente sinais harmônicos de absorção das moléculas orgânicas e presença de bandas de absorção de água. Isso possibilita a avaliação de maneira não destrutiva dos teores em matéria seca, açúcares totais ou acidez total de diversos frutos (LIU; YING, 2005; SUBEDI; WALSH, 2009; CARVALHO et al., 2010), proteínas (MORGANO et al., 2005), carboidratos, cinzas, açúcares (MORGANO; MORIYA; FERREIRA, 2003), lipídeos, cafeína (MORGANO et al., 2005), taninos (FERRÃO et al., 2003), entre outras análises.

Essa tecnologia pode quantificar a pureza de compostos químicos, com aplicações referentes a compostos orgânicos, com bandas estreitas (NATALINO, 2006). Aplicado na verificação do estágio de maturação de frutos, o perfil do comprimento de onda pode determinar se o fruto está pronto para o consumo ou ainda imaturo.

À medida que o fruto apresenta-se maduro, a velocidade de vibração da onda reduz, indicando seu estágio. Esta técnica é conhecida por não danificar a amostra, portanto chamada de não destrutiva e não invasiva (SUBEDI; WALSH, 2009).

Vários estudos científicos recentes utilizaram o NIR no controle de qualidade de frutos, desde a produção, a discriminação de variedades e o estágio de maturação até as etapas pós-colheita, no estabelecimento da composição, de alterações bioquímicas no armazenamento, de adulterações e da fase ótima para consumo associada à análise sensorial.

Com relação à predição de variedades, foi avaliada a qualidade de três tipos de damasco (*Prunus armeniaca L.*) Bergarouge, Harostar e Kioto, por meio do NIR, associado aos resultados dos métodos físico-químicos convencionais, como: sólidos solúveis, acidez total e firmeza (CAMPS; CHRISTEN, 2009).

Em ameixas (*P. salicina L.*) sul-africanas das variedades *Pioneer*, *Laetitia* e *Angeleno*, foram determinados teores de sólidos solúveis totais, acidez total, relação ácido açúcar, firmeza e peso dos frutos e utilizou-se o NIR acoplado a modelos matemáticos de previsão (RMSEP). Apenas a variedade *Angeleno* não apresentou alta previsibilidade (LOUW; THERON, 2010).

O modelo de calibração multivariada acoplada ao NIR, para determinação de autenticidade em damasco (*Prunus armeniaca L.*), pêssego (*Prunus persica L.*) e abóbora (*Cucurbita sp.*), apresentou boa previsibilidade. O método pode ser aprimorado para substituir a cromatografia gasosa, na determinação de açúcares neutros (KURZ et al., 2010).

Técnica utilizada também para comprovar a autenticidade de frutos, como o pistache (*Pistacia vera L.*), considerado um fruto seco, o NIR pode ser acoplado a análises químicas, para identificação da origem dos frutos. O equipamento é relativamente barato e, com o modelo de Análise dos Mínimos Quadrados, conseguiu-se validar até 95,0% dos resultados obtidos (VITALE et al., 2013).

Quanto à predição de componentes em frutos e de estágio de maturação, podem ser citados os estudos apresentados na sequência. Foram coletados damascos (*Prunus armeniaca L.*) em diferentes estágios de maturação, para avaliar a qualidade do fruto. Utilizaram-se métodos quimiométricos e do NIR acoplado ao modelo de Análise dos Mínimos Quadrados Parciais. O resultado predito ficou de acordo, com relação

à acidez titulável e com os sólidos solúveis. No entanto, para os outros parâmetros avaliados como firmeza, etileno, açúcares neutros e ácidos orgânicos, o modelo de previsão não foi satisfatório (BUREAU et al., 2009).

Foram estudados teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, maturidade, firmeza da polpa, volume do suco, peso do fruto, índice de cor e teor de suco da laranja (*Citrus sinensis*). Para o modelo de predição do NIR, pode-se afirmar que houve bom desempenho do modelo de predição para sólidos solúveis e maturidade da laranja (CAYUELA; WEILAND, 2010).

Foram testados os modelos de PCA e o modelo de calibração quadrático, possível de ser utilizado, tanto na laranja como no limão e na tangerina (YANDE; XUDONG; AIGUO, 2010).

Avaliou-se a maturação de pêssegos (*Prunus persica L. Batsch*) durante 14 dias utilizando a Reação em Cadeia da Polimerase em tempo real para verificar a biossíntese do etileno, de acordo com a análise em NIR (SOTO et al., 2012).

O amadurecimento do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) foi investigado utilizando as técnicas do NIR e espectroscopia do infravermelho médio (MIR), com comprimentos de onda entre 2500 até 25000 nm. Analisaram-se parâmetros como açúcares, ácidos orgânicos e carotenoides, frente ao perfil espectroscópico e tratamento dos dados por PCA. Nesse caso, a técnica MIR apresentou melhores resultados para açúcares e, a técnica NIR foi melhor com relação aos ácidos orgânicos. Contudo, os níveis de ácido málico e β -caroteno encontram-se em baixas concentrações no maracujá, impedindo um modelo de previsão satisfatório (OLIVEIRA et al., 2014b).

Utilizou-se o modelo de PCA acoplado ao NIR, para classificar o estágio de maturação de tomates (*Lycopersicon esculentum Mill.*). Aplicando análises de textura e de sólidos solúveis, concluiu-se que o modelo pode classificar 100,0% dos frutos estudados de acordo com as análises realizadas (SIRISOMBOON et al., 2012).

Estudando-se o grau de maturação de tomates (*Solanum lycopersicum*), obtiveram-se bons resultados de previsão e a validação cruzada foi feita entre análises físico-químicas, de cor e firmeza do fruto (ECARNOT et al., 2013).

Em bananas (*Musa sp.*) avaliou-se umidade, firmeza e sólidos totais em diferentes estádios de maturação, comparados ao NIR, utilizando o modelo de previsão

de Regressão Linear Múltipla, que explicou até 91,0% das respostas obtidas (RAJKUMAR et al., 2012).

Utilizando a técnica do NIR na análise do mangostão (*Garcinia mangostana* L.), um fruto tropical, avaliou-se o endurecimento do pericarpo do fruto com o modelo de Análise dos Mínimos Quadrados Parciais. Essa técnica pode ser utilizada para classificação do fruto, visto que o modelo utilizado conseguiu prever 91,0% dos resultados (TEERACHAICHAYUT et al., 2011).

Em mangas (*Mangifera indica* cv.) pode-se avaliar os estádios de maturação, analisando-se os teores de: matéria seca, sólidos solúveis totais e amido. O amido auxilia na indicação do estágio de maturação verde. O modelo de Regressão Linear Múltipla, acoplado ao NIR, apresentou resultados precisos nesse estudo, direcionados para a colheita (SARANWONG; SORNSRIVICHAI; KAWANO, 2004).

Na lichia (*Litchichinensis* Sonn.) pode-se avaliar o estágio de maturação e a vida de prateleira, através do escurecimento do pericarpo do fruto, visto que seu tamanho varia entre safras. Utilizando o modelo de PCA com o NIR comparado a análises convencionais, concluiu-se que a coloração ideal para colheita do fruto é no momento em que passa da cor rosa para a vermelha (REICHEL et al., 2010).

Pode-se estimar a hora exata da colheita de frutas cítricas, baseando-se na análise do NIR, utilizando o modelo de Regressão por Componentes Principais, como uma ferramenta de controle, capaz de ser utilizada no campo (XUJUN et al., 2008).

Foram avaliados frutos de damasco (*Prunus armeniaca* L.), tomate (*Solanum lycopersicum*) e maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) visando prever o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável, utilizando o modelo de Mínimo Quadrático Parcial acoplado à técnica do NIR. O modelo de previsão foi satisfatório somente para o tomate, fato explicável devido à fisiologia da casca do maracujá, bem como a estrutura heterogênea do tomate, ou seja, houve dificuldade na penetração da luz infravermelha nesses frutos, por isso os modelos desenvolvidos não foram satisfatórios (OLIVEIRA et al., 2014a).

No abacate (*Persea americana*) foi determinada a matéria seca presente no fruto, sendo analisados os diferentes estádios de maturação, com o modelo dos Mínimos Quadrados Parciais (CLARK et al., 2003).

Avaliaram-se parâmetros de qualidade na tangerina (*C. reticulata*), tais como: sólidos solúveis, acidez e firmeza, com as técnicas de PLS e de Regressão do Componente Principal (GÓMEZ; YONG; PEREIRA, 2006).

O infravermelho próximo também pode ser utilizado para controle de qualidade no armazenamento. As maçãs geralmente são armazenadas por certo período de tempo em temperatura e atmosfera controlada. As mudanças pós-colheita podem ser detectadas tanto por análises convencionais como por NIR, podendo-se estimar o tempo adequado de armazenamento. A técnica é apropriada para o uso em indústrias de frutas, pois permite planejar a distribuição dos frutos de forma adequada ao consumo (GIOVANELLI et al., 2014). Outros autores também analisaram o teor de açúcar em maçãs (*Fuji*) utilizando o NIR e o modelo de calibração Mínimo Quadrado Parcial (YANG-DE et al., 2007).

O NIR também pode ser utilizado como ferramenta de monitoramento do processo de desidratação, aplicando a PCA em mirtilos (*V. corymbosum*), onde se destacou a relação entre a água e o teor de açúcar do fruto estudado (SINELLI et al., 2008). No abacaxi (*Ananas comosus* L. cv. *Golden Ripe*) utilizou-se o NIR, para avaliar a perda do frescor (EGIDIO et al., 2009).

Estudou-se a nectarina (*Spring Brighte Ambra*) para modelar o amolecimento do fruto, armazenado a 0° C e analisado em três, seis e dez dias após o armazenamento. Foi avaliada a firmeza dos frutos e concluiu-se que o modelo matemático utilizado explicou 85,0% dos resultados (ZERBINI et al., 2006). Outros autores estudaram as diferentes estratégias de irrigação nesse mesmo fruto. Os resultados do estudo afirmam que a técnica do NIR pode ser utilizada para monitorar as mudanças, tanto pré como pós-colheita, para a tomada de decisões, tanto no campo como na indústria (PÉREZ-MARÍN et al., 2011).

Foi avaliada a extensão da vida de prateleira de morangos, utilizando absorvedores de oxigênio e avaliando as características sensoriais durante quatro semanas. Analisaram-se pH, sólidos solúveis totais e condutividade elétrica, comparados a técnicas do NIR. O estudo comprovou que o tipo de embalagem utilizada no estudo pode aumentar a vida de prateleira dos morangos estudados (ADAY; CANER, 2013). O ultrassom pode estender a vida de prateleira de diversos frutos, pois evita o desenvolvimento de fungos. As análises físico-químicas comparadas à técnica do NIR confirmaram as voltagens ideais para se trabalhar com ultrassom, entre 30 a 60 W,

com aumento da vida de prateleira de morangos (*Fragaria eananassa*), utilizando essa técnica (ADAY et al., 2013).

Utilizando a técnica do NIR, pode-se também identificar falhas no interior da avelã (*Corylus avellana L. cv.*), fruto seco, submetido ao modelo de Análise dos Mínimos Quadrados, que conseguiu prever 95,0% das respostas (MOSCETTI et al., 2014). A modelagem utilizada para jujuba (*Ziziphus jujubas*) foi a de PCA, com o objetivo de identificar frutos danificados. A precisão do modelo foi de 100,0% para essa análise (SHUJUAN et al., 2013).

O NIR também pode ser utilizado para a detecção de resíduo de inseticida na superfície de amostras de frutos (LONG et al., 2012).

A utilização do NIR pode prever o resultado de análises sensoriais, permitindo classificar a preferência de uva Itália (*Bicane e Moscato d'Amburgo*) de mesa por meio dessa técnica (PARPINELLO et al., 2013).

VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE ESPECTROSCOPIA DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

A tecnologia do NIR é um método alternativo às análises físico-químicas convencionais de controle de qualidade de alimentos e de produtos da agricultura e apresenta diversas vantagens. Comparada aos métodos convencionais de análises, a técnica exige menor tempo e não necessita de reagentes (MORGANO, 2005), sendo considerada uma técnica não destrutiva (JAMSHIDI et al., 2012). Também não exige mão de obra especializada e, pela eficácia da instrumentação, reduz a incidência de erro na realização das análises (KURZ et al., 2010).

Essa técnica pode traçar um perfil de mudança de qualidade dos frutos, de maneira rápida e precisa (EGIDIO et al., 2009). Permite avaliar também, a qualidade interna e externa dos frutos (MAGWAZA et al., 2013).

O sistema pode, também, ser empregado na triagem e na classificação de frutos (LOUW; THERON, 2010) de acordo com a necessidade de distribuição do mercado, seja ele para exportação ou para curta distância, facilitando, tanto o trabalho no campo, como no setor de processamento (MAGWAZA et al., 2014).

É possível estimar mudanças de pré e pós-colheita, assim como durante a estocagem (PÉREZ-MARÍN et al., 2011), bem como qualidade, cor, composição química e maturidade dos frutos (KRIVOSHIEV; CHALUCOVA; MOUKAREV, 2000). Além disso, o NIR também pode ser empregado na previsão dos resultados de análises sensoriais (LE MOIGNE et al., 2008).

Entretanto, existem limitações para cada tipo de fruto estudado, pois cada qual apresenta sua especificidade e isso deve ser considerado nas aplicações do NIR (OLIVEIRA et al., 2014a).

PERSPECTIVAS

O ponto ótimo de colheita e os danos fisiológicos apresentados por frutos podem interferir em sua qualidade, com consequências em sua vida de prateleira. A tecnologia do NIR pode auxiliar a estimar tais parâmetros, sem o comprometimento da integridade do fruto (CARVALHO et al., 2010).

A tecnologia do infravermelho próximo está sendo transferida dos laboratórios para o mundo industrial. Contudo, existe a necessidade de estudos mais elaborados com relação aos modelos matemáticos de calibração (CHAUCHARD et al., 2004).

No Brasil, há abundância de frutos, com consideráveis perdas pós-colheita e durante a distribuição. Na Europa, em função da escassez de áreas produtivas e dos custos de produção, há projetos para qualificar os frutos individualmente, minimizando perdas econômicas. Um exemplo é o Fruitgrading®, com meta principal de desenvolver um módulo protótipo, capaz de classificar cada fruto individualmente, de acordo com seus critérios internos de qualidade, numa velocidade de cinco frutos por segundo. Esse módulo será integrado, calibrado e testado em uma linha comercial e validado para frutos de maior impacto comercial entre os associados do projeto: maçã, pêra, pêssego e kiwi (BUREAU, 2014) (informação verbal)³.

³ Palestra proferida por S. Bureau na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em Ponta Grossa, em 28 de janeiro de 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia do NIR, considerada não invasiva e não destrutiva, apresenta resultados rápidos e precisos. Pode auxiliar no desempenho de análises químicas e microbiológicas.

Sua aplicação é muito ampla, na avaliação da qualidade dos frutos, estágio de maturação e ponto ótimo de colheita, modificações durante o armazenamento, predição de teores de componentes em análises físico-químicas, contaminação e adulteração.

É de extrema importância para o segmento tecnológico de frutos, que existam estudos mais aprofundados, utilizando a tecnologia do NIR, associada aos modelos matemáticos de calibração, a fim de aprimorar essa técnica e torná-la viável para os produtores e exportadores na cadeia de distribuição de frutos.

REFERÊNCIAS

ADAY, M. S.; CANER, C. The shelf life extension of fesh strawberries using an oxygen absorber in the biobased package. **LWT: Food Science and Technology**, v. 52, p. 102-109, 2013.

ADAY, M. S.; TEMIZKAN, R.; BÜYÜKCAN, M. B.; CANER, C. An innovative technique for extending shel life of strawberries: ultrasound. **LWT: Food Science and Technology**, v. 52, p. 93-101, 2013.

ALMEIDA, G. C.; KLOCK, U.; MAGALHÃES, W. L. E.; BOLZON; MUNIZ, G. I.; ANDRADE, A. S. Espectroscopia de infravermelho próximo e calibração multivariada na caracterização de propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus spp.* In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 4., 2005, Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA, 2005. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/99924/1/2005-RAC-UtilizacaoEspectroscopia.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

ASKAR, A. Importance and characteristics of tropical fruits. **Fruit Processing**, Schönborn, v. 8, n. 7, p. 273-275, jul. 1998.

BUREAU, S.; RUIZ, D.; REICH, M.; GOUBLE, B.; BERTRAND, D.; AUDERGON, J. M.; RENARD, C. M. G. C. Rapid and non-destructive analysis of apricot fruit quality using FT-near-infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 113, p. 1323-1328, 2009.

CAMPS, C.; CHRISTEN, D. Non-destructive assesment of apricot fruit quality by portable visible-near infrared spectroscopy. **LWT: Food Science and Technology**, v. 42, p. 1125-1131, 2009.

CARVALHO, M. L.; ALMEIDA, D.; CARDOSO, J.; FIALHO, D. Aferição da espectroscopia NIR na determinação de alguns parâmetros de qualidade em pêra 'rocha' e maçã 'gala'. **Actas Portuguesas de Horticultura**, n. 16, p. 236-243, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/321/1/SIMP_Frut_LCARVALHO3.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2014.

CAYUELA, J. A.; WEILAND, C. Intact orange quality prediction with two portable NIR spectrometers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 58, p. 113 -120, 2010.

CHAUCHARD, F.; COGDILL, R.; ROUSSEL, S.; ROGER, J. M.; BELLON-MAUREL, V. Application of LS-SVM to non-linear phenomena in NIR spectroscopy: development of a robust and portable sensor for acidity prediction in grapes. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 71, p. 141-150, 2004.

CLARK, C. J.; MCGLONE, V. A.; REQUEJO, C.; WHITE, A.; WOOLF, A. B. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 300-307, 2003.

CONWAY, G. **Produção de alimentos no século XXI: biotecnologia e meio ambiente**. São Paulo: Estação Liberdade, 2003.

DAVIES, A. M. C. Progress in human food analysis by near-infrared. **Analytical Proceedings**, v. 21, p. 488-491, 1984.

ECARNOT, M.; BACZYK, P.; TESSAROTTO, L.; CHERVIN, C. Rapid phenotyping of the tomato fruit model, Micro-Tom, with a portable VIR-NIR spectrometer. **Postharvest Biology and Technology**, v. 70, p. 159-163, 2013.

EGIDIO, V. D.; SINELLI, N.; LIMBO, S.; TORRES, L.; FRANZETTI, L.; CASIRAGHI, E. Evaluation of shelf-life of fresh-cut pineapple using FT-NIR and FT-IR spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 54, p. 87-92, 2009.

FERRÃO, M. F.; FURTADO, J. C.; NEUMANN, L. G.; KINZEN, P. H. A.; MORGANO, M. A.; BRAGAGNOLO, N.; FERREIRA, M. M. C. Técnica não destrutiva de análise de tanino em café empregando espectroscopia no infravermelho e algoritmo genético. **TecnoLógica**, v. 7, n. 1, p. 9-26, 2003.

GIOVANELLI, G.; SINELLI, N.; BEGHI, R.; GUIDETTI, R.; CASIRAGHI, E. NIR spectroscopy for the optimization of postharvest apple management. **Postharvest Biology and Technology**, v. 87, p. 13-20, 2014.

GÓMEZ, A. H.; YONG, H.; PEREIRA, A. G. Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using Vis/NIR-spectroscopy techniques. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 313-319, 2006.

GONÇALVES, J. S.; SOUZA, S. A. M. Fruta da paixão: panorama econômico do maracujá no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 12, p. 29-36, dez. 2006.

JAMSHIDI, B.; MINAEI, S.; MOHAJERANI, E.; GHASSEMIAN, H. Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 85, p. 64-69, 2012.

KRIVOSHIEV, G. P.; CHALUCOVA, R. P.; MOUKAREV, M. I. A possibility for elimination of the interference from the peel in nondestructive determination of the internal quality of fruit and vegetables by VIS-NIR spectroscopy. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 33, p. 344-353, 2000.

KURZ, C.; LEITENBERGER, M.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Evaluation of fruit authenticity and determination of the fruit content of fruit products using FT-NIR spectroscopy of cell wall components. **Food Chemistry**, v. 119, p. 806-812, 2010.

LE MOIGNE, M.; MAURY, C.; BERTRAND, D.; JOURJON, F. Sensory and instrumental characterization of cabernet franc grapes according to ripening stages and growing location. **Food Quality and Preference**, v. 19, p. 220-231, 2008.

LIU, Y.; YING, Y. Use of FT-NIR spectrometry in non-invasive measurements of internal quality of 'Fuji' apples. **Postharvest Biological Technology**, v. 37, p. 65-71, 2005.

LONG, X.; JUN, C.; JING, L.; MUHUA, L. Application of particle swarm optimization (PSO) algorithm to determine dichlorvos residue on the surfave navel orange with Vis - NIR spectroscopy. **Procedia Engineering**, v. 19, p. 4124-4128, 2012.

LOUW, E. D.; THERON, K. I. Robust prediction models for quality parameters in Japanese plums (*Prunussalicina L.*) using NIR spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 58, p. 176-184, 2010.

MADALOZZO, E. S. **Caracterização físico-química de ricotas via espectroscopia no infravermelho e métodos de calibração multivariada**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2010.

MAGWAZA, L. S.; LINUS-OPARA, U.; TERRY, L. A.; LANDAHL, S.; CRONJE, P. J. R.; NIEUWOUDT, H. H.; HANSSENS, A.; SAEYS, W.; NICOLAÏ, B. M. Evaluation of Fourier transform: NIR spectroscopy for integrated external and internal quality assessment of Valencia oranges. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 144-154, 2013.

MAGWAZA, L. S.; OPARA, U. L.; CRONJE, P. J. R.; LANDAHL, S.; NIEUWOUDT, H. H.; MOUAZEN, A. M.; NICOLAÏ, B. M.; TERRY, L. A. Assessment of rind quality of 'Nules Clementine' mandarin during postharvest storage: 1. Vis/NIRS PCA models and relationship with canopy position. **Scientia Horticulturae**, v. 165, p. 410-420, 2014.

MILLER, J. N.; MILLER, J. C. **Statistics and chemometrics for analytical chemistry**. 6. ed. Gosport: Pearson, 2010.

MORGANO, M. A. **Aplicação de métodos quimiométricos em análise de alimentos**. 2005. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MORGANO, M. A.; FARIA, C. G.; FERRÃO, M. F.; BRAGAGNILO, N.; FERREIRA, M. M. C. Determinação de proteína em café cru por espectroscopia NIR e regressão PLS. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 25-31, 2005.

MORGANO, M. A.; MORIYA, C.; FERREIRA, M. M. C. Determinação quantitativa do teor de sacarose em açúcar cristal por espectroscopia FT-IR/ATR e regressão multivariada. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 6, p. 77-83, 2003.

MOSCETTI, R.; MONARCA, D.; CECCHINI, M.; HAFF, R. P.; CONTINI, M.; MASSANTINI, R. Detection of mold-damaged chestnuts by near-infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 1, p. 83–90, 2014.

NATALINO, R. **Caracterização de açúcar mascavo aplicando análise dos componentes principais a dados espectrométricos**. 2006. 37 f. Tese (Mestrado em Agroquímica) – Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, G. A.; BUREAU, S.; RENARD, C. M. G. C.; PEREIRA-NETO, A. B.; CASTILHO, F. Comparison of NIRs approach for prediction of internal quality traits in three fruits species. **Food Chemistry**, v. 143, p. 223-230, 2014a.

OLIVEIRA, G. A.; CASTILHOS, F.; RENARD, C. M. G. C.; BUREAU, S. Comparison of NIR and MIR spectroscopic methods for determination of individual sugars, organic acids and carotenoids in passion fruit. **Food Research International**, v. 60, p. 154–162, 2014b.

PARPINELLO, G. P.; NUNZIATINI, G.; ROMBOLÀ, A. D.; GOTTARDI, F.; VERSARI, A. Relationship between sensory and NIR spectroscopy in consumer preference of table grape (CV Italia). **Postharvest Biology and Technology**, v. 83, p. 47-53, 2013.

PÉREZ-MARÍN, D.; SÁNCHEZ, M. T.; PAZ, P.; GONZÁLEZ-DUGO, V.; SORIANO, M. A. Postharvest shelf-life discrimination of nectarines produced under different irrigation strategies using NIR-spectroscopy. **LWT: Food Science and Technology**, v. 44, p. 1405-1414, 2011.

RAJKUMAR, P.; WANG, N.; ELAMSRY, G.; RAGHAVAN, G. S. V.; GARIEPY, Y. Studies on banana fruit quality and maturity stages using hyperspectral imaging. **Journal Food Engineering**, v. 108, p. 194-200, 2012.

RAMBLA, F. J.; GARRIGUES, S.; DE LA GUARDIA, M. PLS-NIR determination of total sugar, glucose, fructose and sucrose in aqueous solution of juice fruits. **Analytica Chimica Acta**, v. 344, p. 41-53, 1997.

REICHEL, M.; CARLE, R.; SRUAMSIRI, P.; NEIDHART, S. Influence of harvest maturity on quality and shelf-life of lichi fruit (*Lichichinensis Sonn.*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, p. 162-175, 2010.

RODRIGUES, M. X. **Proposta de inovação tecnológica no controle de qualidade da produção agroindustrial**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

SALGO, A.; NAGY, J.; MIKÓ, É. Application of near infrared spectroscopy in the sugar industry. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 6, p. A101-A106, 1998.

SANTA, O. R. D. **Avaliação da qualidade de salames artesanais e seleção de culturas starters para a produção de salame tipo italiano**. 2008. 133 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 137-145, 2004.

SAUER, E. **Desenvolvimento de metodologias multivariadas para análise de queijos por espectroscopia DRIFT**. 2007. 134 f. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SCHUSTER, J. H. Semi-automated proximate analysis. **Cereal Food World**, v. 23, p. 180-182, 1978.

SHUJUAN, Z.; HAIHONG, Z.; YANRU, Z.; WEI, G.; HUAMIN, Z. A simple identification model for subtle bruises on the fresh jujube based on NIR spectroscopy. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 58, p. 545-500, 2013.

SINELLI, N.; DI EGIDIO, V.; CASIRAGHI, E.; SPINARDI, A.; MIGNANI, I. Evaluation of quality and nutraceutical content in blueberries (*Vaccinium corymbosum*) by near and mid infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, n. 1, p. 31-36, 2008. Disponível em: <http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrnrnr=810_107>. Acesso em: 07 fev. 2014.

SIRISOMBOON, P.; TANAKA, M.; KOJIMA, T.; WILLIAMS, P. Nondestructive estimation of maturity and textural properties of tomato 'momotato' by near infrared spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, v. 112, p. 218-226, 2012.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SOTO, A.; RUIZ, K. B.; ZIOSI, V.; COSTA, G.; TORRIGIANI, P. Ethylene and auxin biosynthesis and signaling are impaired by methyl jasmonate leading to a transient slowing down of ripening in peach fruit. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, p. 1858-1865, 2012.

SUBEDI, P. P.; WALSH, K. B. Non-invasive techniques for measurement of fresh fruit firmness. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 297-304, 2009.

TEERACHAICHAYUT, S.; TERDWONGWORAKUL, A.; THANAPASE, W.; KIJI, K. Non-destructive prediction of hardening pericarp disorder in intact mangosteen by near infrared transmittance spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, v. 106, p. 206-211, 2011.

TEWARI, J.; MEHROTRA, R.; IRUDAYARAJ, J. Direct near infrared analysis of sugar cane clear juice using a fibre-optic transmittance probe. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 11, n. 5, p. 315-356, 2003.

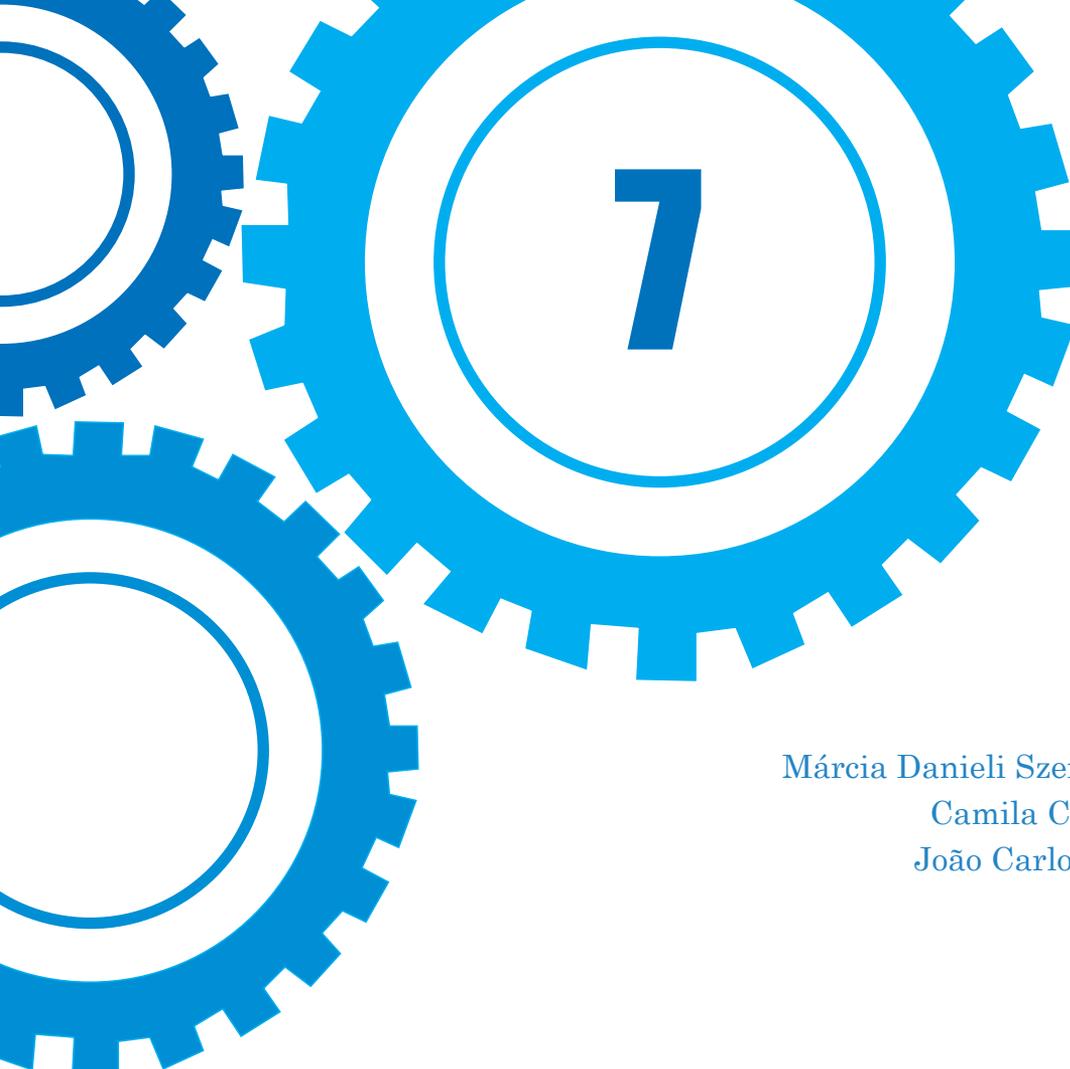
VITALE, R.; BEVILACQUA, M.; BUCCI, R.; MAGRÌ, A. D.; MAGRÌ, A. L.; MARINI, F. A rapid and non-invasive method for authenticating the origin of pistachio sample by NIR spectroscopy and chemometrics. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 121, p. 90-99, 2013.

XUJUN, Y.; KENSHI, S.; AKIRA, S.; SHIN-ICHI, A. Potential of airborne hyperspectral imagery to estimate fruit yield in citrus. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 90, p. 132-144, 2008.

YANDE, L.; XUDONG, S.; AIGUO, O. Nondestructive measurement of soluble solid content of navel orange fruit by visible-NIR spectrometric technique with PLSR and PCA-BPNN. **LWT: Food Science and Technology**, v. 43, p. 602-607, 2010.

YANG-DE, L.; YI-BIN, Y.; XIAPING, F.; HUIZHAN, L. Experiments on predicting sugar content in apples by FT-NIR technique. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 986-989, 2007.

ZERBINI, P. E.; VALONI, M.; GRASSI, M.; RIZZOLO, A.; FIBIANI, M.; CUBEDDU, R.; PIFFERI, A.; SPINELLI, L.; TORRICELLI, A. A model for the softening of nectarines based on sorting fruit at harvest by time-resolved reflectance spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 223-232, 2006.



7

Márcia Danieli Szeremeta Spak
Camila Clivati Justus
João Carlos Colmenero

***DESENVOLVIMENTO DE
CARDÁPIOS PARA RESTAURANTES
UNIVERSITÁRIOS POR MEIO DE
PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA***

INTRODUÇÃO

A composição e as quantidades de nutrientes dos alimentos são conhecimentos básicos para a educação nutricional, o controle da qualidade dos alimentos e a avaliação do consumo nutricional de uma população. Conhecer o que se consome diariamente é fundamental para a constituição de uma dieta equilibrada e diversificada e, conseqüentemente, para a formação de bons hábitos alimentares em qualquer fase da vida (LIMA et al., 2011).

Com o ingresso na universidade, os estudantes sofrem mudanças pessoais e culturais e passam a adquirir senso crítico para tomar suas próprias decisões. Essa fase também é identificada pela transição da adolescência para a fase adulta, onde as preferências, os hábitos e os costumes alimentares passam a ser definidos (BORGES; LIMA FILHO, 2004).

Segundo Kresic et al. (2008), do ponto de vista nutricional, os estudantes universitários são propensos a ingerir refeições com alto teor calórico e com poucos nutrientes essenciais. Em virtude da falta de tempo, realizam poucas refeições ao longo do dia, alimentam-se de forma irregular em lanchonetes, substituindo refeições completas e saudáveis por lanches (GAMBARDELLA; FRUTUOSO; FRANCH, 1999; OSSUCCI, 2008).

Geralmente esses estabelecimentos possuem ausência de informações nutricionais, servindo refeições não balanceadas que podem interferir nos hábitos alimentares dos consumidores (MAESTRO; SALAY, 2008). A elevada frequência de consumo dessas refeições acarreta em uma alimentação com alto teor calórico e baixo teor nutricional.

Os estudantes universitários migrantes, ou seja, aqueles que moram distantes do ambiente familiar colocam-se em situações ainda mais restritas de escolha nutricional, em virtude de mudanças de ambiente (BORGES; LIMA FILHO, 2004). Isto ocorre em um período final do desenvolvimento e do crescimento dos adolescentes, onde a alimentação é um fator determinante para a qualidade de vida, saúde e redução da incidência de possíveis doenças crônicas na fase adulta e idosa.

Em geral, os estudantes brasileiros costumam alimentar-se nos restaurantes universitários (RUs) ou em locais que servem lanches rápidos, devido à falta de tem-

po para preparar a própria refeição. Por isso, os RUs devem fornecer refeições que estejam de acordo com as recomendações nutricionais diárias de estudantes homens e mulheres, com cardápios diversificados, a um preço fixo e relativamente baixo para o orçamento dos jovens que realizam as refeições nestes locais. Todavia, nem sempre os RUs servem refeições com alimentos nutritivos, uma vez que isto interfere diretamente nos seus orçamentos. Oliveira, Guaglianoni e Demonte (2005) afirmam que a atenção desses restaurantes é voltada, principalmente, para a redução dos custos, servindo refeições simples do ponto de vista nutricional.

A crescente preocupação com a saúde dos estudantes e questões relacionadas aos hábitos alimentares têm sido o motivo da criação de novas políticas e métodos para avaliar e intervir no comportamento dos jovens de modo a se obter uma rotina alimentar saudável (AVELIGANO, 1999).

Uma forma de planejar dietas balanceadas e saudáveis é por meio de modelos de programação matemática. Esses modelos permitem definir refeições que supram as necessidades nutricionais exigidas para uma determinada população e excluir, via composição de nutrientes, os alimentos que não satisfazem as restrições mínimas e máximas requeridas para uma dada refeição, substituindo os mesmos por outros que atendam aos requisitos necessários (SKLAN; DARIEL, 1993).

Vários autores utilizaram a modelagem matemática com a finalidade de formular dietas para humanos. Gedrich, Hensel e Binder (1999) empregaram a abordagem *fuzzy* para propor dietas que auxiliam na reeducação alimentar de pessoas adultas. Por meio de programação linear, Castrodeza, Lara e Peña (2005) formularam modelos de dieta para adultos com a finalidade de reduzir os custos das refeições. Connors e Simpson (2004) utilizaram a programação matemática para calcular a composição de nutrientes dos lanches de escolas. Balintfy e Lancaster (1998) simularam técnicas computacionais para o planejamento de almoços em escolas, com o intuito de mostrar que é possível obter o controle dos nutrientes adequados para as crianças através de métodos matemáticos e de simulações. Briend, Ferguson e Darmon (2001) usaram a programação linear para reduzir os custos das refeições e suprir as necessidades nutricionais de crianças.

Existem determinados *softwares* que são utilizados para o desenvolvimento de dietas. Sterling et al. (1996) aplicaram os *softwares Expert System on Menu Planning* (ESOMP) e *Pattern Regulator for the Intelligent Selection of Menus* (PRISM)

para o planejamento de cardápios. Namen e Bornstein (2004) empregaram vários modelos a fim de criar um *software* para avaliação de dietas para humanos. Todavia, a maioria destes métodos possui pouca flexibilidade na escolha dos cardápios e não permite gerar distintas soluções para um planejamento em médio prazo, além de não considerar os custos dos alimentos.

Diante deste cenário, o presente estudo tem por objetivo elaborar um modelo de programação matemática para a definição de cardápios balanceados para estudantes universitários que atendam às exigências nutricionais requeridas para um jovem adulto, a um baixo custo.

METODOLOGIA

A elaboração do cardápio para os RUs foi realizada através de um modelo de programação linear inteira. Para a construção do modelo matemático foram considerados três tipos de dados: alimentos e suas características nutricionais, custos dos alimentos e valores nutricionais recomendados à faixa etária dos estudantes.

Foram selecionados 40 alimentos de consumo tradicional e usualmente ofertados em qualquer época do ano. Tais alimentos foram classificados em seis grupos de acordo com as características de similaridade dos mesmos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2005). Para cada grupo foi definido o tamanho das porções de cada alimento, em função do consumo médio por refeição. Desta forma, nos grupos 1, 2 e 3 encontram-se os alimentos ricos em carboidratos, nos grupos 4 e 5 estão contidos os alimentos ricos em vitaminas e sais minerais e, no grupo 6, estão os alimentos com quantidades elevadas de proteínas.

Por serem alimentos típicos da culinária brasileira, o arroz e um tipo de feijão (grupos 1 e 2, respectivamente) foram mantidos fixos no modelo. O grupo dos carboidratos (grupo 3) compreende três alimentos (macarrão ao sugo, bolinho de arroz e batata inglesa *sauté*), dos quais apenas um é servido na refeição. No grupo 4 foram considerados os vegetais crus e cozidos, sendo que pelo menos dois alimentos devem ser servidos. Para o grupo 5, duas sobremesas devem ser selecionadas entre os tipos de frutas (banana prata, laranja pêra, melancia e mexerica) ou a gelatina. No grupo

6 as proteínas foram organizadas em diversos tipos de carne e ovo cozido, todavia, apenas um tipo de carne deve ser servido. Assim, todos os grupos devem compor a refeição. A Tabela 1 apresenta os alimentos classificados em grupos e os tamanhos das porções de cada alimento.

Tabela 1 - Classificação dos alimentos e tamanho das porções

(continua)

Grupo	Categoria	Nº	Alimentos	Peso (g)
1	Arroz	1	Arroz tipo 1 cozido	100
2	Feijão	2	Feijão carioca cozido	100
		3	Feijão preto cozido	
3	Carboidratos	4	Macarrão ao sugo	100
		5	Batata inglesa sauté	
		6	Bolinho de arroz	
4	Vegetais	7	Abobrinha pescoço cozida	100
		8	Alface crespa crua	
		9	Alface lisa crua	
		10	Milho verdade cozido	
		11	Ervilha enlatada	
		12	Beterraba crua	
		13	Beterraba cozida	
		14	Brócolis cozido	
		15	Chuchu cozido	
		16	Couve-flor cozida	
		17	Cenoura crua	
		18	Cenoura cozida	
		19	Pepino cru	
		20	Rabanete cru	
		21	Repolho branco cru	
		22	Tomate cru	

Tabela 1 - Classificação dos alimentos e tamanho das porções
(conclusão)

Grupo	Categoria	Nº	Alimentos	Peso (g)
5	Sobremesas	23	Banana prata	50
		24	Laranja pêra	
		25	Melancia	
		26	Tangerina	
		27	Gelatina sabores diversos	
6	Proteínas	28	Filé de pescada frito	100
		29	Pintado grelhado	
		30	Manjuba frita	
		31	Acém moído cozido	
		32	Almôndegas fritas	
		33	Coxão duro cozido	
		34	Músculo cozido	
		35	Coxa de frango com pele assada	
		36	Filé de frango à milanesa	
		37	Linguiça de porco frita	
		38	Peito de frango sem pele grelhado	
		39	Bisteca de porco grelhada	
		40	Ovo de galinha cozido	

Fonte: Autoria própria (2014).

Em relação aos valores nutricionais de referência dos alimentos, foram utilizados os dados da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO) (LIMA et al., 2011). Os custos dos alimentos foram coletados nas Centrais Estaduais de Abastecimento (2012) e na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (2012), as quais comercializam os produtos hortigranjeiros no nível de atacado. Todos os dados referentes aos alimentos foram adaptados para porções unitárias de 50g ou de 100g.

Para atender as recomendações nutricionais diárias para a dieta alimentar dos estudantes, o modelo utilizou os dados das tabelas nutricionais *Dietary Reference Intakes* (1997, 1998, 2000, 2001, 2004) desenvolvidas pelo *Institute of Medicine* dos Estados Unidos. Padovani et al. (2006) citam as DRIs como uma recente revisão de valores energéticos e nutricionais, os quais podem ser usados para rotulagem, levantamento de valores de referência para avaliação e planejamento do consumo, bem como a fortificação de alimentos.

Os nutrientes considerados para a dieta dos estudantes universitários e seus respectivos valores de quantidades mínimas e máximas diárias são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Nutrientes e necessidades mínimas e máximas diária

Nutrientes	Mínimo (mg)	Máximo (mg)
Ferro	7,2	18
Cobre	0,36	4
Manganês	0,92	4,4
Zinco	4,4	16
Tiamina	0,48	-
Riboflavina	0,52	-
Vitamina C	30	800
Niacina	6,4	14
Carboidratos	5200	-
Fibra	15200	-
Gordura	0	-
Proteína	16800	-

Fonte: Adaptado de *Dietary Reference Intakes* (1997, 1998, 2000, 2001, 2004).

Tais valores de referência mínimos e máximos foram estabelecidos com a finalidade de satisfazer as necessidades nutricionais diárias dos estudantes do sexo feminino e masculino, uma vez que o atendimento em um RU não discrimina os gêneros. Para que a dieta atendesse a todos, foi considerado o maior limite inferior entre os gêneros feminino e masculino referente à quantidade de nutrientes recomendados a jovens adultos para estipular os dados de nutrientes mínimos. Para a quantidade máxima de nutrientes foram utilizados os menores limites superiores entre os gêneros.

Todos os valores dos limites nutricionais foram ajustados para satisfazer 30,0% das necessidades diárias, ou seja, estas quantidades equivalem à necessidade nutricional referente ao almoço dos estudantes universitários. Os valores máximos nutricionais representados por traço indicam que não há uma quantidade máxima estipulada para o consumo de tal nutriente, podendo, então, ser consumido à vontade.

Foi admitido o valor calórico diário de referência recomendado para uma dieta de estudantes de, no mínimo, 2000 Kcal e, portanto, estipulou-se que o almoço deve atender a 30,0% dessa necessidade diária mínima, ou seja, 600 Kcal. O nutriente cálcio não foi incluído na relação de nutrientes, pois a restrição relacionada ao cálcio torna o modelo inviável uma vez que não existem alimentos usualmente utilizados no almoço que supram os 30,0% da necessidade mínima necessária (400 mg). A dieta exigiria que fosse servido durante o almoço um copo de leite e, levando-se em consideração que consumir este tipo de bebida durante o almoço, não faz parte do hábito alimentar estudantil, isso tornou-se inviável.

O modelo de dieta utilizado para a determinação da composição das refeições possui a seguinte formulação geral:

$$\text{Minimizar} = \sum_{j=1}^J C_j X_j \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^J e_j X_j \geq E_{min} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J a_{ij} X_j \geq D_i \quad \text{para } i=1, \dots, I \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J a_{ij} X_j \leq D_i^* \quad \text{para } i=1, \dots, I \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N_k} X_j \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} H_k \quad \text{para } k=1, \dots, K \quad (5)$$

$$X_j \in Z^+ \quad \text{para } j=1, \dots, J \quad (6)$$

Onde:

X_j = quantidade de porções do alimento j ;

C_j = custo do alimento j por porção;

e_j = energia total do alimento j ;

E_{min} = energia mínima a ser consumida na refeição;

a_{ij} = quantidade do nutriente i no alimento j ;

D_i = quantidade mínima do nutriente i na refeição;

D_i^* = quantidade máxima do nutriente i na refeição;

H_k = quantidade de porções permitidas para os alimentos N_k da categoria k .

A função objetivo (1) minimiza o custo total da refeição. A restrição (2) refere-se à quantidade mínima de calorias recomendadas para o almoço de cada estudante universitário, desta forma cada refeição deve proporcionar uma quantidade mínima de $E_{min}=600$ kcal. O conjunto de restrições (3) e (4) determinam, respectivamente, as quantidades mínimas e máximas de nutrientes consumidos na refeição. O conjunto de restrições (5) refere-se à quantidade da porção de cada grupo $N_{k, para}$ $k=1, \dots, 6$. As restrições (6) estabelecem que a quantidade das porções dos alimentos devam ser números inteiros não negativos.

Para a geração de soluções distintas foi utilizado um algoritmo simples de verificação de ocorrências que não permite a repetição de alimentos por um período P_k definido conforme o grupo ao qual o alimento pertence. O modelo foi solucionado utilizando-se o otimizador Lingo 13.0, com dados implementados por meio de planilha eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da implementação do modelo para solucionar o problema, foram obtidas cinco respostas distintas de cardápios para serem servidos no RU ao longo de uma semana, considerando que alguns alimentos não poderiam se repetir dentro de um período definido conforme cada grupo. A Tabela 3 apresenta os alimentos utilizados para as refeições servidas no RU durante a semana, bem como a quantidade de porções e o custo de cada prato elaborado.

Tabela 3 - Nutrientes e suas quantidades consideradas no modelo

(continua)

Dia	Custo (R\$)	Alimentos	Porções
1	1,82	Arroz tipo 1 cozido	2
		Feijão preto cozido	1
		Bolinho de arroz	1
		Alface crespa crua	1
		Repolho branco cru	1
		Tomate cru	1
		Laranja pêra	2
		Coxa de frango com pele assada	1
		Ovo de galinha cozido	1
2	2,97	Arroz tipo 1 cozido	2
		Feijão carioca cozido	1
		Macarrão ao sugo	1
		Alface crespa crua	1
		Beterraba crua	1
		Cenoura cozida	2
		Tangerina	2
		Acém moído cozido	1
		3	1,89
Feijão preto cozido	1		
Batata inglesa sauté	1		
Alface lisa	1		
Tomate cru	2		
Laranja pêra	2		
Linguiça de porco frita	1		
Ovo de galinha cozido	1		

Tabela 3 - Nutrientes e suas quantidades consideradas no modelo

(conclusão)

Dia	Custo (R\$)	Alimentos	Porções
4	2,83	Arroz tipo 1 cozido	2
		Feijão preto cozido	1
		Bolinho de arroz	1
		Alface crespa crua	2
		Cenoura crua	1
		Tangerina	2
		Almôndegas fritas	1
5	2,99	Arroz tipo 1 cozido	2
		Feijão carioca cozido	1
		Batata inglesa sauté	1
		Milho verde cozido	1
		Tomate cru	2
		Tangerina	2
		Filé de pescada frito	1
		Ovo de galinha cozido	1

Fonte: Autoria própria (2014).

A primeira resposta obtida totalizou um valor de R\$ 1,82. Fazendo o uso do algoritmo que permitiu a não repetição de alguns alimentos, a refeição obtida no segundo dia apresentou o custo de R\$ 2,97.

Desta forma, para que alguns destes alimentos não fossem escolhidos pelo modelo na terceira refeição consecutiva, foi estabelecido que macarrão ao sugo, cenoura crua e cozida, repolho branco cru, tangerina, acém moído e coxa de frango assada não deveriam estar presentes, ou seja, suas variáveis foram zeradas no modelo, gerando, assim, uma nova refeição a ser servida no RU com um custo de R\$ 1,89. O mesmo raciocínio foi estabelecido para elaborar a refeição do quarto dia, no qual, batata inglesa *sauté*, cenoura cozida, repolho branco cru, linguiça de porco frita e ovo de galinha cozido não poderiam aparecer na solução do programa. Assim, o valor da função objetivo foi de R\$ 2,83.

Por fim, foi estabelecido que no quinto dia não estivessem na refeição: o feijão preto, o bolinho de arroz, a alface crespa, a cenoura cozida, o repolho branco cru, a manjuba frita, o acém moído, a almôndega frita e a linguiça de porco frita, o que gerou um prato no valor de R\$ 2,99.

A partir dos custos das refeições oferecidas ao restaurante, foi realizada a média aritmética destes valores, totalizando R\$ 2,50. Isto significa que o modelo proposto no estudo possibilitou pratos com um baixo custo e obedecendo às necessidades nutricionais dos estudantes, tornando-as viáveis aos jovens que se alimentam no RU.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi apresentado um modelo de programação linear inteira para formular cardápios a serem servidos nos RUs a um baixo custo e que atendessem às exigências nutricionais dos estudantes. É importante salientar que o uso de tal método pode ser eficiente em qualquer problema de dieta para humanos nas diversas faixas etárias e condições de saúde.

Considerando que o objetivo de minimizar o custo das refeições é uma das principais metas a serem atingidas pelos administradores dos RUs, pode-se verificar que o modelo empregado representa uma alternativa prática a ser utilizada pelos restaurantes que visam à geração de refeições economicamente viáveis e que atendam aos requisitos nutricionais exigidos para a faixa etária dos estudantes, uma vez que o custo médio foi de R\$ 2,50.

A utilização do algoritmo permitiu a obtenção de refeições distintas para o período de uma semana, satisfazendo todas as restrições relacionadas à repetição de grupos de alimentos. Embora os alimentos utilizados no modelo estejam disponíveis na culinária local o ano todo, a pouca quantidade de alimentos considerada para o estudo fez com que se tornasse difícil gerar mais soluções que satisfizessem as exigências nutricionais.

Desta forma, a versatilidade encontrada no modelo de programação linear inteira resulta em uma ferramenta com elevado potencial de utilização para a definição

de cardápios, permitindo a seleção de alimentos que melhor se enquadram de acordo com as necessidades nutricionais dos usuários. Além disso, a vantagem do modelo é que este é facilmente readequado a problemas semelhantes de tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Rotulagem nutricional obrigatória:** manual de orientação às indústrias. Brasília : Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Universidade de Brasília, 2005.

AVELIGANO, R. P. **Custos de refeições em unidades de alimentação e nutrição:** uma aplicação para a Divisão de Alimentação COSEAS/USP, em 1997. 1999. 108 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana Aplicada) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BALINTFLY, J. L.; LANCASTER, L. M. Simulation analysis of school lunch planning policies. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 32, n. 2, p. 87-97, 1998.

BORGES, C. M.; LIMA FILHO, D. O. Hábitos alimentares dos estudantes universitários: um estudo qualitativo. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO FEA-USP, 7., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SEMEAD, 2004. Disponível em: <http://www.ead.fea.usp.br/Semead/7semead/paginas/artigos%20recebidos/marketing/mkt37_-_h%E1bitos_alimentares_dos_estudantes_uni.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2012

BRIEND, A.; FERGUSON, E.; DARMON, N. Local food price analysis by linear programming: a new approach to assess the economic value of fortified food supplements. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 22, n. 2, 2001.

CASTRODEZA, C.; LARA, P.; PEÑA T. Multicriteria fractional model for feed formulation: economic, nutritional and environmental criteria. **Agricultural Systems**, v. 86, p. 76-96, 2005.

CENTRAIS Estaduais de Abastecimento. 2012. Disponível em: <<http://celepar7.pr.gov.br/ceasa/hoje.asp>>. Acesso em: 13 abr. 2012.

COMPANHIA de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. 2012. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/cotacoes/>>. Acesso em: 13 abr. 2012.

CONNORS, P. L.; SIMPSON, D. F. Influence of menu planning strategies on the nutrient composition of Texas school lunches. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, p. 459-468, 2004.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **For water, potassium, sodium, chloride and sulfate**. 2004. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10925>. Acesso em: 14 abr. 2012.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **For vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc**. 2001. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10026>. Acesso em: 14 abr. 2012.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **For vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids**. 2000. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9810>. Acesso em: 14 abr. 2012.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **For thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin and choline**. 1998. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=6015>. Acesso em: 14 abr. 2012.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **For calcium, phosphorous, magnesium, vitamin D and fluoride**. 1997. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=5776>. Acesso em: 14 abr. 2012.

GAMBARDELLA, A. M. D.; FRUTUOSO, M. F. P.; FRANCH, P. Prática alimentar dos adolescentes. **Revista Nutrição**, v. 12, n. 1, p. 5-19, 1999.

GEDRICH, K.; HENSEL, A.; BINDER, I. How optimal are computer-calculated optimal diets? **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, p. 309-318, 1999.

KREŠIĆ, G.; ŠIMUNDIĆ, B.; MANDIĆ, M. L.; KENDEL, G.; ŽEŽELJ, S. P. Daily menus can result in suboptimal nutrient intakes, especially calcium, of adolescents living in dormitories. **Nutrition Research**, v. 28, p. 156-165, 2008.

LIMA, D. M.; BASILE, F. A.; PADOVANI, R. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; SALAY, E.; GALEAZZI, M. A. M. (Org.). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO**. 4. ed. Campinas:

NEPA-UNICAMP, 2011. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2012.

MAESTRO, V.; SALAY, E. Informações nutricionais e de saúde disponibilizadas aos consumidores por restaurantes comerciais, tipo fast food e full service. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 208-216, 2008.

NAMEN, A. A.; BORNSTEIN, C. T. Uma ferramenta para avaliação de resultados de diversos modelos de otimização de dietas. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 3, p. 445-465, 2004.

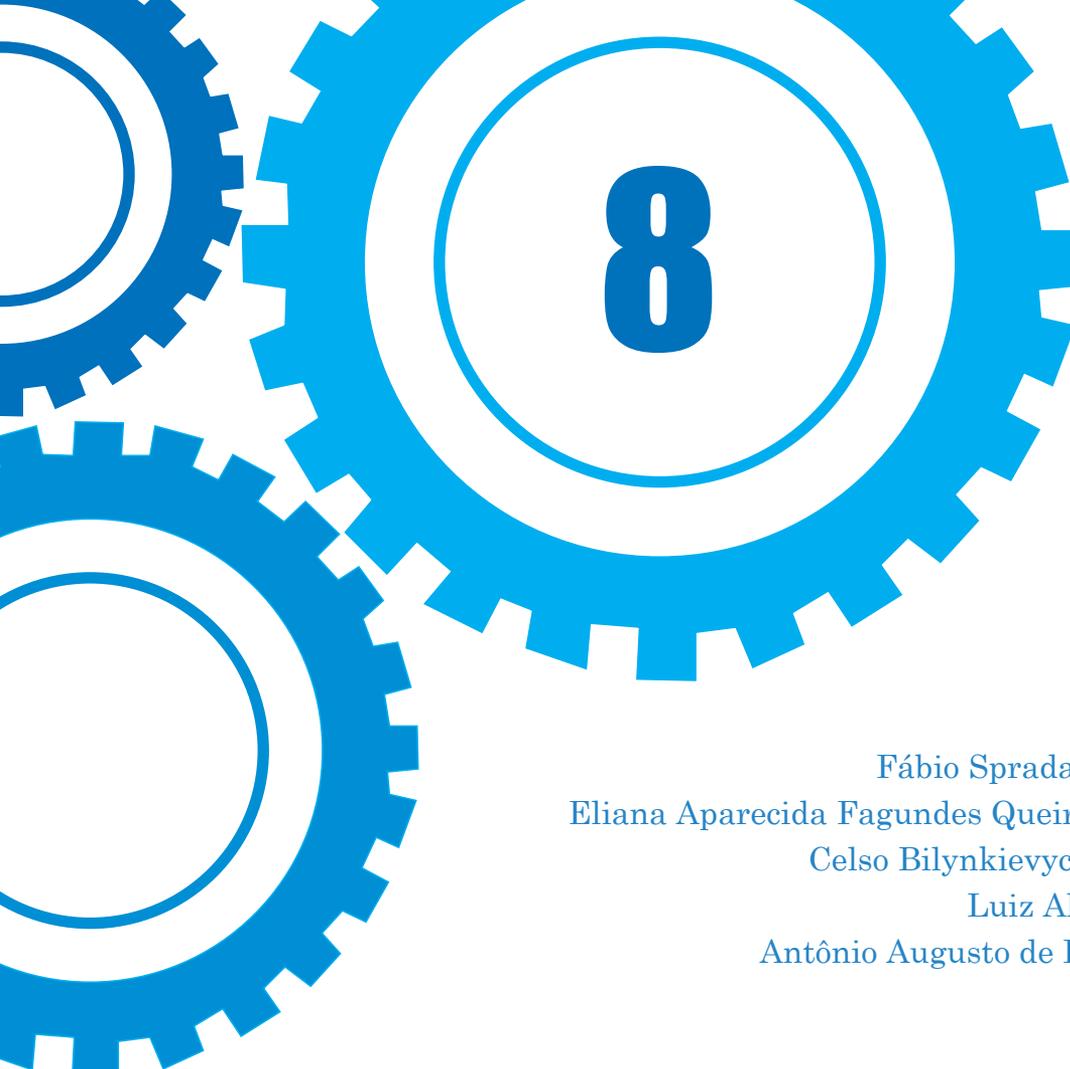
OLIVEIRA, R. B.; GUAGLIANONI, D. G.; DEMONTE, A. Perfil do usuário, composição e adequação nutricional do cardápio oferecido em um restaurante universitário. **Revista Alimentos e Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 397-401, 2005.

OSSUCCI, R. R. **Hábitos alimentares na adolescência**: ambiente virtual e escola da Secretaria de Estado da Educação do Paraná. 2008. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2521-6.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2012.

PADOVANI, R. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: application of tables in nutritional studies. **Revista Nutricional de Campinas**, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.

SKLAN, D.; DARIEL, I. Diet planning for humans using the mixed-integer linear programming. **British Journal of Nutrition**, v. 70, p. 27-35, 1993.

STERLING, L.; PETOT, G.; MARLING, C.; KOVACIC, K.; ERNST, G. The role of common sense knowledge in menu planning. **Expert Systems with Applications**, v. 11, n. 3, p. 301-308, 1996.



8

Fábio Sprada de Menezes
Eliana Aparecida Fagundes Queiroz Bortolozo
Celso Bilynkievycz dos Santos
Luiz Alberto Pilatti
Antônio Augusto de Paula Xavier

***SISTEMAS CLÁSSICOS DA
ADMINISTRAÇÃO X SISTEMAS
ABERTOS: UM PARADIGMA ENTRE A
TEORIA E A PRÁTICA EM GESTÃO NOS
DIAS ATUAIS***

INTRODUÇÃO

Várias teorias administrativas de organização do trabalho têm sido desenvolvidas ao longo dos anos, abordando diferentes enfoques e contribuições, todas visando maior eficiência administrativa e melhor produtividade. As primeiras teorias (escolas científicas), fundamentadas na visão de Taylor, Fayol e Ford, estavam voltadas para questões de tarefas, de estrutura e de ambiente. O modelo clássico (ou fechado) de trabalho caracterizava-se pela produção em massa, pela divisão do trabalho, sem autonomia ou cooperação entre os trabalhadores, que eram sujeitos à supervisão ou ao controle total das atividades (SCHACHTER, 2010).

A abordagem científica de Taylor, incluindo a aplicação de técnicas estatísticas para produção e eficiência, assim como o seu foco sobre o que motiva os trabalhadores, foi importante enquanto preparo do terreno para o que viria mais tarde (KOUMPAROULIS; VLACHOPOULIOTI, 2012).

Kemp (2013) ressalta o desenvolvimento da administração científica no enfoque moderno e pós-moderno, mas leva em conta a importante contribuição dos estudos de Taylor para a gestão pós-moderna. Para Joyce e Breland (2010) e Grachev e Rakitsky (2013), Taylor contribuiu e continua contribuindo em prol da gestão de negócios e de produção. O legado da gestão científica está inserido em inúmeras práticas de trabalho, fornecendo bases para ações relacionadas com os resultados da produção, no ambiente de gestão administrativa pós-moderna (KOUMPAROULIS; VLACHOPOULIOTI, 2012).

Segundo Kulesza, Weaver e Friedman (2011), a literatura editada no século XXI contém poucos artigos sobre a influência dos modelos de Taylor nos sistemas atuais de gestão. Não obstante, estes sistemas, ditos modernos, refletem várias lições aprendidas dos estudos de Taylor, entre as quais estão a Contabilidade e controle de custos e as Operações de gestão de processos de controle.

Entretanto, muitas das deficiências do taylorismo são bastante óbvias. O apreço pela eficiência, com menosprezo quase total pela qualidade e falta de interação entre os membros da equipe na execução das tarefas, parece muito ultrapassado pelos padrões atuais.

Segundo Lanz, Miroudot e Nordas (2013), no decorrer do tempo, o perfil dos empregados e dos consumidores foi modificando, à medida que estes se tornaram mais esclarecidos e exigentes. Além disso, a complexidade dos produtos tornou-se cada vez maior e novos métodos foram introduzidos, inclusive para reduzir os custos (CAMPOS, 2012).

Em face da nova realidade, ocorreu o teórico esgotamento dos modelos de organização claramente fechados, enquanto o desenvolvimento de métodos mais flexíveis desencadearam outras formas de produção, voltadas a respostas mais rápidas junto ao mercado (HARVEY, 1992).

Manifestaram-se novas ideias sobre gestão, fazendo com que a ênfase - que antes abrangia normas e codificações – passasse rumo ao investimento em trabalhadores mais motivados, inclusive em busca de estratégias para se tornarem mais produtivos. Com menos burocracia interna e maior flexibilidade de funções, surgiram então os sistemas abertos de administração. Nestes modelos há uma tendência à descentralização das decisões, a padronização dos processos não é, necessariamente, uma obrigação, ocorrendo, ao mesmo tempo, uma diminuição da disciplina nas atividades dos funcionários. A remuneração é baseada na capacitação do empregado e não são estimulados bônus por produção (PRUIJT, 2003).

Vários fatores, como liderança ou satisfação individual, estímulo das capacidades intelectuais e criativas, aprendizado contínuo, reconhecimento e apoio social, devem ser tomados como vantagem para os sistemas abertos que, se bem administrados, possibilitam boa produtividade, com diminuição das diferenças hierárquicas e melhor composição de grupos de trabalho.

A partir dos estudos sobre o sistema das organizações, datados do início do século XXI, o presente estudo discute, na administração atual, a utilização dos sistemas abertos e das teorias clássicas de gestão.

METODOLOGIA

O questionamento acima proposto motivou o escopo desta pesquisa, levando a uma revisão racional da literatura, com vistas a determinar respostas ao tema ques-

tionado. Desta forma, o estudo ensejou identificar, selecionar e avaliar criticamente as publicações científicas que foram mencionadas na revisão de literatura ou fundamentação literária.

Foram abordados como subsídio da pesquisa os estudos primários ou teóricos presentes em periódicos relacionados com o tema, escritos em língua portuguesa e em língua inglesa, publicados entre 2000 e outubro de 2013, indexados nas seguintes bases de dados: Embase, Ebsco, Scopus, Web of Knowledge e Periódicos Capes. Foram excluídas as publicações referentes às cartas de leitores, duplicadas e réplicas, comentários, editais, resumos e opiniões, assim como artigos que não possuíssem os requisitos necessários à pesquisa em foco.

Foram considerados, também, os seguintes descritores, em idioma português e seus equivalentes em inglês: sistemas clássicos de administração; sistemas abertos de administração; taylorismo; fordismo; fayolismo; toyotismo; sistema sociotécnico; gestão participativa. A estratégia constou de busca isolada, cruzada ou truncada, de descritores usados pelos autores nos títulos ou resumos, sendo adotada a expressão booleana *and*.

Os estudos compilados foram selecionados primeiramente pelos títulos e resumos. Observada a relevância dos mesmos, foi feita uma análise mais eletiva dos textos escolhidos, de acordo com o problema apontado.

Os resultados obtidos na pesquisa foram compilados em um texto que, inicialmente, define as características gerais dos dois sistemas de administração estudados.

REFERENCIAL TEÓRICO

OS SISTEMAS FECHADOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

As teorias de Taylor, Fayol e Ford foram concebidas sob a ótica de uma organização baseada em sistema fechado, rígido e mecânico, sem qualquer interação com o ambiente externo. A hipótese que justifica este modelo admite existir a melhor maneira (*the one best way*) para organizar o trabalho, válida para todo e qualquer tipo de organização (SCHACHTER, 2010).

Taylor, bem como a maioria dos classicistas, considera que a harmonização deve ser atingida, em detrimento dos conflitos; e que a eficiência industrial advém pela prescrição e pelo cumprimento de regras, permitindo existir tão somente, o certo ou o errado, o que parece insustentável na crença pós-moderna. Pela teoria de Taylor, o trabalhador é interessado pela máxima produtividade, em função do impacto no seu salário (NOVICEVIC et al., 2008; PATAKI; SAGI, 2009).

Segundo Silva, Montagner e Roselino (2006), as ideias tayloristas colocaram o foco no trabalhador, ou seja, o principal obstáculo para um aumento progressivo e durável dos níveis de produtividade não dizia respeito à tecnologia, mas sim, ao modo como os trabalhadores se comportavam. Taylor associava o sucesso na execução da tarefa, a partir do treinamento e do rigor na supervisão das atividades. Desta forma, o taylorismo expressa a dimensão mais profunda de controle de um ser humano em ambiente laboral.

Uma vez que a gestão científica se tornou mais popular na indústria durante a primeira metade do século XX, acabou por influenciar outros segmentos da sociedade e da cultura, ultrapassando o âmbito do local de trabalho. Segundo Pataki e Sagi (2009), a maioria dos exércitos em todo o mundo emprega gestão científica. Praticamente em todos os setores das Forças Armadas existe uma norma e um método para a realização de cada tarefa. Isto se dá em função da busca da eficiência, que constitui o Princípio da gestão científica a partir do taylorismo, fundamentada em: eficiência, objetividade, prescrição, rigidez e orientação de regras.

Do ponto de vista de outros representantes da administração científica, como Fayol, Galik e Weber, a gestão administrativa representa o foco. Weber defende que a adequação de determinadas tarefas motiva os trabalhadores para melhor desempenho (possibilidade de avançar na escala hierárquica e receio de demissão), sendo que os conflitos são apenas falhas ocorridas na construção da organização (PATAKI; SAGI, 2009).

Para Sengupta (2012), a gestão científica se define em quatro fases ou ondas principais. A primeira fase foi fortemente regulada por teorias de gestão científica, desenvolvidas por Taylor (1880-1930). A segunda fase, com estilo americano de gestão no campo da ciência da administração, estruturou-se a partir de Peter Ferdinand Drucker (1909-2005) e de sua obra, marcada por um enfoque nas relações entre os seres humanos, em oposição à trituração de números. A terceira fase da ciência da

administração foi o estilo japonês, com a peculiaridade gerencial japonesa, em que a tomada de decisão enfatiza o fluxo de informação e a iniciativa de baixo para cima, tornando a gestão de topo um facilitador, ao invés de ser fonte de autoridade. A quarta fase de gestão é baseada na espiritualidade. Muitas das organizações em todo o mundo buscam adotar espiritualidade para o desenvolvimento de visão e para alcançar o estado de autorrealização.

O Quadro 1 apresenta os enfoques da gestão científica, desde seu início até a visão pós-moderna, demonstrando que os princípios de Taylor desencadearam novos caminhos para a gestão da produção (KEMP, 2013).

Princípios da gestão científica	Lente moderna	Lente pós-moderna
O desenvolvimento de uma verdadeira ciência.	Eficiência - medida de produção industrial	Eficácia: medida pelo resultado do conhecimento
A seleção científica do trabalhador.	Rigidez - a seleção dos trabalhadores	Flexibilidade: seleção por qualidade
Sua educação científica e desenvolvimento.	Hierarquia: controle	Redução de níveis hierárquicos: capacidade
Íntima cooperação amigável entre a administração e os homens	Divisão: autoridade	Trabalho em equipe

Quadro 1 - Princípios da gestão científica na visão moderna e pós-moderna

Fonte: Adaptado de Kemp (2013).

Neste sentido, a fragmentação das atividades, própria do sistema taylorista-fordista, foi substituída pela visão tecnocêntrica, que desconsidera o aspecto humano no sistema de produção, demonstrando influência das teorias criadas no final do século XIX (CAMPOS, 2012).

Na visão pós-moderna, ocorre alteração de paradigma, permitindo pensar em novas maneiras de administrar, que implicam - ao contrário de rigidez - flexibilidade e fluidez. As organizações representam entidades complexas, com seus vários processos e contingentes, tornando-se difícil identificar as melhores condições que permitam ao comportamento humano executar suas atividades com maior *performance* (DEWAR; WERBEL, 1979; WANG; HONG, 2009).

NOVAS VERTENTES DA GESTÃO CIENTÍFICA: SISTEMA ABERTO

A partir dos anos 50, manifestaram-se novas ideias sobre gestão, o que conduziu a ênfase - que abrangia normas e codificações - a deslocar-se rumo ao investimento em trabalhadores mais motivados, inclusive em busca de estratégias para se tornarem mais produtivos. A padronização do trabalho na execução de tarefas tem sido identificada como uma prática que dificulta enormemente a melhoria contínua do processo. O sucesso de um sistema de controle rigoroso de gestão depende da concepção de que os administradores sejam motivados pelo desejo de maximizar a produção dos seus subordinados (KENNEDY; NUR, 2012).

Com o esgotamento dos modelos de organização fechados, o desenvolvimento dos métodos mais flexíveis desencadeou novas formas de produção, voltadas a respostas mais rápidas junto ao mercado, o que se verifica na descrição de Harvey (1992, p. 140), ao afirmar que novas formas industriais estão:

[...] atuando em todos os elos da cadeia produtiva, favorecendo a integração horizontal contra o modelo vertical até então dominante, gerando a criação de uma rede de subcontratações e de deslocamento, para dar maior flexibilidade diante do aumento da competição e dos riscos, criando assim um vasto movimento nas formas de trabalho e emprego, nos mais diversos setores industriais e de serviços.

Contraopondo-se ao paradigma taylorista, o alemão Ludwig Von Bertalanffy apresentou, no final da década de 40, uma abordagem sociotécnica da organização como sendo um sistema aberto, composto por um conjunto de subsistemas que interagem entre si, orientados para determinados fins e dependentes de fatores externos (ambiente) (SCOTT, 2003). A teoria do sistema aberto tem a vantagem de representar um retrato mais realista do estado da organização e, como desvantagem, a dificuldade empírica de mensurar os resultados (WOOD, 2010).

Para Fagundes et al. (2010), os sistemas abertos de organização do trabalho apresentam um caráter mais flexível, capazes de adaptar-se às contingências do ambiente, não havendo uma maneira única de se organizar uma empresa.

Sistema sociotécnico é um sistema aberto que se baseia em dois princípios básicos: interação dos fatores sociais e técnicos e otimização de cada subsistema

(KOYUNCU; KURT; ERENSAL, 2011). O modelo sociotécnico considera importante no trabalho o comportamento humano, admitindo que, se os sentimentos das pessoas estiverem relacionados às suas tarefas, haverá benefício quanto aos resultados, além de gerar desenvolvimento e integração (SCOTT, 2003; MUNIZ; BATISTA JÚNIOR; LOUREIRO, 2010). Vários fatores como liderança ou satisfação individual devem ser tomados como vantagens para o estímulo das capacidades intelectuais e criativas, permitindo o aprendizado contínuo, gerando reconhecimento e apoio social, possibilitando o controle sobre os resultados, minimizando diferenças hierárquicas e permitindo a composição de grupos de trabalho.

De acordo com o modelo sociotécnico, a organização é dividida em quatro subsistemas:

- a) subsistema social, que compreende os trabalhadores com suas características individuais, seu nível de qualificação e suas relações sociais dentro da organização;
- b) subsistema técnico, que compreende os procedimentos técnicos para a execução das tarefas, as instalações e os equipamentos;
- c) subsistema organizacional, que compreende as estratégias organizacionais da empresa;
- d) ambiente externo, que influencia todos os outros subsistemas (HENDRICK; KLEINER, 2001; WANG; HONG, 2009).

É amplamente reconhecido que a adoção de uma abordagem sócio-técnica para o desenvolvimento da organização do trabalho leva a resultados mais aceitáveis, com maior integração de todos os sujeitos envolvidos. O resultado da aplicação dos métodos sociotécnicos gera melhor compreensão de como os fatores humanos, sociais e organizacionais afetam o trabalho. Este entendimento pode contribuir para a concepção de estruturas organizacionais, processos de negócios e sistemas técnicos.

Para Baxter e Sommerville (2011), as razões para a não adesão de forma plena pelas organizações são, principalmente, as dificuldades em usar os métodos, a interação individual e a desconexão entre estes métodos e as questões técnicas de engenharia. Apesar de reconhecerem que a engenharia a partir de sistemas sócio-técnicos atende às necessidades do século XXI, os autores destacam os seguintes problemas na aplicabilidade da abordagem sócio-técnica:

- a) falta de uma definição exata dos conceitos do sistema, uma vez que sua origem na psicologia organizacional e clínica é desenvolvida na área da sociologia e da administração;
- b) problemas na determinação dos adequados níveis de abstração ou abordagem na descrição dos sistemas e dos subsistemas;
- c) conflito no sistema de valores, do ponto de vista do aspecto humanista (qualidade de vida no trabalho e satisfação no trabalho) e valores do aumento da produtividade;
- d) dificuldade para se avaliar o sucesso do método, principalmente dos elementos sociais do sistema;
- e) utilizado para análise do sistema, mas com poucos dados de sucesso de sua implementação em novos sistemas;
- f) multidisciplinariedade, que é amplamente aceita, mas de difícil aplicação prática;
- g) dificuldade em encontrar profissionais que se adaptem ao método.

VISÕES SOBRE EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE

No caso da eficiência, os Princípios da administração científica continuam definindo a produção, sob o ponto de vista de performatividade. A aplicabilidade do Princípio da rigidez é considerada através da lente do pós-modernismo, como se exemplifica em Gestão da Qualidade Total (GQT). A aplicabilidade do Princípio da hierarquia tem como exemplo, no pós-modernismo, o envolvimento dos trabalhadores nos processos de decisão, ou seja, na partilha da gestão de autoridade. A aplicabilidade do Princípio da divisão de autoridade é vista através da lente do pós-modernismo, a partir de trabalho em equipe, presente nas organizações empresariais contemporâneas (KEMP, 2013).

Com o benefício de quase 100 anos de retrospectiva, muitas das deficiências do taylorismo são bastante óbvias. A par de sua prosperidade, foram surgindo con-

sumidores mais exigentes, com diferentes preferências. Frente às novas tendências nos mercados de consumo, o taylorismo cedeu lugar ao toyotismo, caracterizado por trabalhadores qualificados, multienfrentados de trabalho em equipe - um modelo propício à inovação e à produção impecável (BIAZZO; PANIZZOLLO, 2000). No toyotismo, a produção é vinculada à demanda e com um processo produtivo flexível; trabalho em equipe com multivariadas de funções; melhor aproveitamento do tempo (*Just in time*); terceirização de atividades que não são da especialidade da empresa e a organização dos Círculos de Controle de Qualidade para a discussão do trabalho e do desempenho, buscando a valorização do aspecto intelectual e cognitivo do trabalho (ANTUNES, 2010; PICCININI et al., 2006).

De acordo com Biazzo e Panizzollo (2000), as transformações pós-taylorismo na indústria automotiva podem ser resumidas em quatro modelos de organização da produção:

- a) o Neo-fordismo é caracterizado pela introdução de tecnologias avançadas de fabricação em um contexto organizacional taylorista;
- b) a Volvo Udevalla representa uma ruptura com a tradição fordista, dado o fato de que elimina a linha de montagem;
- c) o Neo-Craft tem sido limitado à produção de produtos de luxo e modelos personalizados;
- d) o sistema Toyota ou de manufatura enxuta é baseado em: minimização de resíduos, qualidade, trabalho em equipe, processos padronizados e *Kaizen*.

Do ponto de vista do taylorismo e do toyotismo, Lanz, Miroudt e Nordas (2013) argumentam que as tarefas possíveis de ser facilmente padronizadas são tipicamente realizadas em conjunto com outras que não o sejam, graças a uma série de estudos que têm avaliado, para cada ocupação, a importância das tarefas que podem ser codificadas, digitalizadas e terceirizadas. Os mesmos autores questionam até que ponto o pêndulo não estará se inclinando de volta para uma moderna versão do taylorismo, onde um grande número de diferentes peças, componentes e tarefas podem ser originados da fonte onde os custos de produção sejam mais baixos e a montagem gera um quase ilimitado número de formas, que combinam produção em massa com produtos diferenciados. Eles sugerem que a tendência atual recaia em ocupações que ofereçam ampla gama de funções, situação que define o indivíduo como trabalhador com multitarefas.

Para Kennedy e Nur (2012), muitas vezes, no âmbito das organizações, a ação de alguns gerentes se limita a desempenhar funções que simplesmente criam obstáculos ou que bloqueiam fortemente o progresso de seus subordinados. Segundo eles, um primeiro passo para a melhoria das operações e, conseqüentemente dos resultados, pode ser o reconhecimento de que a solução não está em aumentar o nível de controle sobre o pessoal técnico, mas sim, em criar um ambiente de trabalho que permita a um trabalhador desenvolver senso de responsabilidade e orgulho da sua realização.

GESTÃO PARTICIPATIVA E MACROERGONOMIA

Mostrando uma visão mais humanista em contraponto à visão taylorista-for-dista, tem-se outro exemplo: a Gestão Participativa, que propõe uma relação mais direta de todos os envolvidos no processo produtivo, cujo gerenciamento operacional passa para as mãos dos operadores organizados em células de produção (CAMPOS, 2012).

A gestão participativa tem encontrado destaque nas discussões, diante de uma política de gestão abrangente, que gera mudança na cultura organizacional da empresa. O enfoque participativo tem sido utilizado com êxito para diagnosticar e melhorar o ambiente de trabalho. Estudos demonstram que a abordagem macroergonômica tem resultado em aumento de produtividade e maior motivação de funcionários (KOGI, 2006; ZINK; STEIMLE; SCHRODER, 2008).

Essa abordagem, sob a luz da macroergonomia, implica interações psicossociais, desenho, implementação e uso de tecnologia dentro do sistema, como meio de garantir uma compatibilidade ergonômica entre os subsistemas, resultando na presença de trabalhadores mais motivados, mais comprometidos e menos estressados (KOYUNCU; KURT; ERENSAL, 2011; SALVENDY, 2012). Segundo estes autores, na abordagem macroergonômica há maior probabilidade de resultados eficazes, incluindo produtividade, segurança, conforto, motivação e qualidade de vida no trabalho.

RESULTADOS: OS SISTEMAS DE GESTÃO NOS DIAS DE HOJE

O avanço tecnológico e a globalização vêm exercendo influência sobre as empresas, cujo objetivo maior é o lucro. Em face destas mudanças, o processo de gestão de pessoas acompanha a realidade, vai se adaptando, a fim de atender à atual demanda.

Empresas de países desenvolvidos que buscaram sustentar sua capacidade competitiva alcançaram o sucesso a partir de projetos com sistema aberto, alinhando todos os elementos do processo do trabalho (KOYUNCU; KURT; ERENSAL, 2011).

Com a tendência das empresas na focalização de suas atividades centrais e terceirização das secundárias, houve o surgimento de trabalhadores com novas competências, com perspectiva de carreira e com melhor salário (PICCININI et al., 2006). Porém, muitos trabalhadores perderam seus empregos ou precisaram passar a atuar nas empresas terceirizadas, com menor salário e perspectiva de crescimento profissional (TREFF; GONÇALVES; CAMAROTTO, 2013).

Abouzeedan e Hedner (2013) discutem a validade das teorias organizacionais no contexto da globalização, avanços tecnológicos e economia, à luz da teoria dinâmica de internetização, composta de cinco componentes capazes de incluir a organização clássica numa gestão moderna de pensamento, a saber: socialização virtual; redução de custos; eficácia e eficiência; internetização e paradigma de gestão. Trata-se da inovação como ferramenta de resolução de problemas e de contingência virtual.

Neste contexto, a padronização é tratada como um dos elementos fundamentais para um sistema mais eficiente e enxuto, com maior envolvimento dos trabalhadores, com definição das sequências operacionais, tempos de ciclo e especificação dos resultados esperados. Esta visão mais humanista é abordada como procedimentos operacionais padronizados, que podem ser definidos como uma rotina operacional sistematizada, com o objetivo de torná-la reproduzível, eficiente, eficaz e segura (GONZÁLES; SAURIN, 2013).

Entretanto, o que se observa na atualidade é a presença tanto de sistemas abertos quanto de sistemas fechados nas indústrias. As novas técnicas de gestão dividem o espaço com as teorias mais clássicas de relação, numa dualidade entre os objetivos estratégicos e os trabalhadores. Amosse e Coutroul (2011) investigaram os sistemas de gestão das empresas francesas, entre os anos de 1992 e 2004. Afirmam

que a maioria dessas empresas adotava um sistema denominado neotaylorismo, caracterizado como *overlapping*, de características fechadas, porém com ideias mais inovadoras. Este sistema misto estava presente em 36,0% das empresas francesas, seguido pelo sistema aberto com 33,0%, e pelo sistema fechado clássico com 13,0% de adesão. Por outro lado, 18,0% das empresas não apresentavam sistema produtivo definido. Concluíram, pois, que quase metade das empresas francesas optava por modelos de gestão mais clássicos e fechados.

Normalmente, a história, a estrutura e a abrangência da empresa, a característica gerencial do gestor, o tipo e a complexidade do processo de desenvolvimento do produto e o nível de especialização dos empregados são fatores que definem os tipos de sistemas mais adotados (CAMPOS; RIBEIRO, 2011).

Empresas com estruturas mais antigas, com desenvolvimento local ou de natureza familiar são propensas a utilizar sistemas mais fechados e processos de desenvolvimento de produto sequencial (SARAIVA; PROVINCIALI, 2002). Fatores como a experiência e a eficiência dos funcionários em desempenhar especificamente uma função, são citados como possíveis causas na escolha do sistema de gestão da empresa. Outro fator que pode limitar a evolução da gestão para a integração funcional e os sistemas abertos é a necessidade de investimentos maiores e a priorização em comunicação e EM coordenação de atividades. Já as empresas de capital aberto, com características inovadoras, globalizadas e situadas em mercados mais estabilizados, tendem a optar pela forma de gestão mais aberta (AMOSSE; COUTROUT, 2011).

Historicamente, os sistemas fechados com características clássicas tiveram seu esgotamento a partir de dois eventos importantes: a crise de 1929 e a crise que provocou a alta do preço do petróleo na década de 70. Os dois fatos fizeram com que os produtos fabricados em massa, ficassem estocados no pátio das fábricas, devido à falta de capacidade de compra por parte da população. Ao mesmo tempo, o crescimento dos sindicatos e do nível de instrução dos funcionários potencializou uma mudança nas características das organizações que perdiam produtividade, graças à alienação gerada pela repetitividade funcional, característica desse sistema.

Amosse e Coutrot (2011) dissertam sobre o neotaylorismo (*overlapping*), mais especialmente entre 1992 e 2004, afirmando que no início da pesquisa havia clara movimentação para os sistemas abertos e flexíveis. Porém, a partir da busca de sistemas mais eficientes, ocorrida no final da década de 90, as empresas tendem a uma espécie de ‘meio-termo’ entre a dualidade de sistemas.

Diante deste fato e considerando os conceitos adotados pelo neotaylorismo, a noção de que o taylorismo foi ‘superado’ por escolas posteriores de psicologia industrial ou ‘relações humanas’, de que ele ‘fracassou’ ou que esteja ‘fora de moda’, representa uma lamentável má interpretação da verdadeira dinâmica do desenvolvimento da gerência (BRAVERMAN, 1987).

Nos dias de neotaylorismo, os conceitos da administração clássica e científica, no que se refere ao controle da produção e, principalmente, ao controle do trabalhador, permanecem vivos em indústrias, hospitais e vários outros ambientes laborais. Entretanto, os sistemas originais baseados na presença do capataz cederam lugar para formas mais sutis de controle, baseadas em tecnologia de informação.

Um exemplo clássico dessa situação é a presença de equipamentos que gravam e armazenam imagens internas nas empresas. Em princípio, as imagens são usadas com fins de segurança para o estoque, os equipamentos, os funcionários e os proprietários. Eventualmente, esse material pode, no entanto, ser usado como meio de ‘inspeção’ do trabalho executado, ou seja, indiretamente vão sendo adaptadas formas para aumentar o controle, sempre baseadas no princípio de vadiagem no trabalho, tão referido por Taylor em seus estudos (SILVA; MONTAGNER; ROSELINO, 2006).

Outra situação bastante comum são empresas, geralmente no ramo de informática ou de televidas, que se declaram abertas oferecendo inúmeros benefícios como programas de qualidade de vida no trabalho, espaço para descanso no local de trabalho, planos de saúde, assistência creche, horário flexível e cursos de capacitação, mas que por outro lado, usam um sistema de metas e oferecem bônus por produtividade e assiduidade, características claras do legado de Taylor e seus contemporâneos.

Logo, embora mixados com visões mais humanistas, os ensinamentos de Taylor continuam presentes e se mantêm nas entranhas do capitalismo, talvez mais fortes do que nunca.

Para Saraiva e Provinciali (2002), o trabalhador da atualidade, inserido no meio produtivo, possui um perfil diferente daquele na época do desenvolvimento da Administração científica, com demandas de mercado diferentes, da tecnologia e do contexto econômico globalizado. É necessária uma reorganização do trabalho como requisito para a sobrevivência e crescimento das organizações que mantêm relações tayloristas de produção, implantadas no pilar do controle e com pouca valorização do ser humano. Este cenário se caracteriza por trabalhadores na busca de qualificação

e atualização profissional, com carreiras cada vez menos lineares e com múltiplas tarefas (TREFF; GONÇALVES; CAMAROTO, 2013).

Neste contexto, Treff, Gonçalves e Camarotto (2013) ressaltam a necessidade da busca de mecanismos para a geração do conhecimento, da geração de riqueza e de bem-estar para a sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, pode-se observar, a partir dos estudos analisados que nos dias atuais há uma prevalência de modelos mistos de gestão com características claras dos sistemas fechados, como o controle da produção, a busca pela eficiência laboral e as linhas de produção, misturados com características dos sistemas abertos como a implantação de programas de benefícios aos empregados e de qualidade de vida no trabalho.

Sob a luz da ergonomia, existe a necessidade de reflexão, sobre como cada uma dessas características específicas dos sistemas fechados de produção pode interferir no bem-estar dos trabalhadores, podendo gerar alienação laboral e problemas de saúde dos mais diversos. Por outro lado, observa-se a necessidade de atender aos objetivos de lucratividade e produtividade para manter, também, a saúde da empresa e, por consequência, do emprego do trabalhador.

Sugerem-se, então, mais estudos que possam diagnosticar esses achados de forma primária, como pesquisas de campo. Esses achados permitiriam uma análise mais profunda da situação levantada de forma a otimizar ainda mais os sistemas de gestão.

REFERÊNCIAS

ABOUZEEDAN, A.; HEDNER, T. Organization structure theories and open innovation paradigm. **World Journal of Science, Technology and Sustainable Development**, v. 9, n. 1, p. 6-27, 2013.

AMOSSE, T.; COUTROUT, T. Socio-productive models in France: an empirical dynamic overview, 1992-2004. **Industrial and Labor Relations Review**, v. 64, n. 4, p. 786-816, 2011.

ANTUNES, R. **Adeus ao trabalho? Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade no mundo do trabalho**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

BAXTER, G.; SOMMERVILLE, I. Socio-technical systems: from design methods to systems engineering. **Interacting with Computers**, v. 23, n. 1, p. 4-17, 2011.

BIAZZO, S.; PANIZZOLLO, R. The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 11, n. 1, p. 6-15, 2000.

BRAVERMAN, H. **Trabalho e capital monopolista: a degradação do trabalho no século XX**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

CAMPOS, M. L. **A gestão participativa como uma proposta de reorganização do trabalho em um sistema de produção industrial**. 106 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

CAMPOS, S. U.; RIBEIRO, J. L. D. Um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos de empresas do setor moageiro de trigo. **Produção**, v. 21, n. 3, p. 379-391, 2011.

DEWAR, R.; WERBEL, J. Universalistic and contingency predictions of employee satisfaction and conflict. **Administrative Science Quarterly**, v. 24, n. 3, p. 426-448, 1979.

FAGUNDES J. A.; PETRI, M.; LAVARDA, R. B.; RODRIGUES, M. R.; LAVARDA, D. E. F.; SOLLER, C. C. Estrutura organizacional e gestão sob a ótica da teoria da contingência. **Gestão e Regionalidade**, v. 26, n. 68, p. 52-72, 2010.

GONZÁLES, S. S.; SAURIN, T. A. Princípios para gestão de procedimentos em sistemas sócio-técnicos complexos. **Revista Ação Ergonômica**, v. 8, n. 1, 2013.

GRACHEV, M.; RAKITSKY, B. Historic horizons of Frederick Taylor's Scientific Management. **Journal of Management History**, v. 19, n. 4, p. 512-527, 2013.

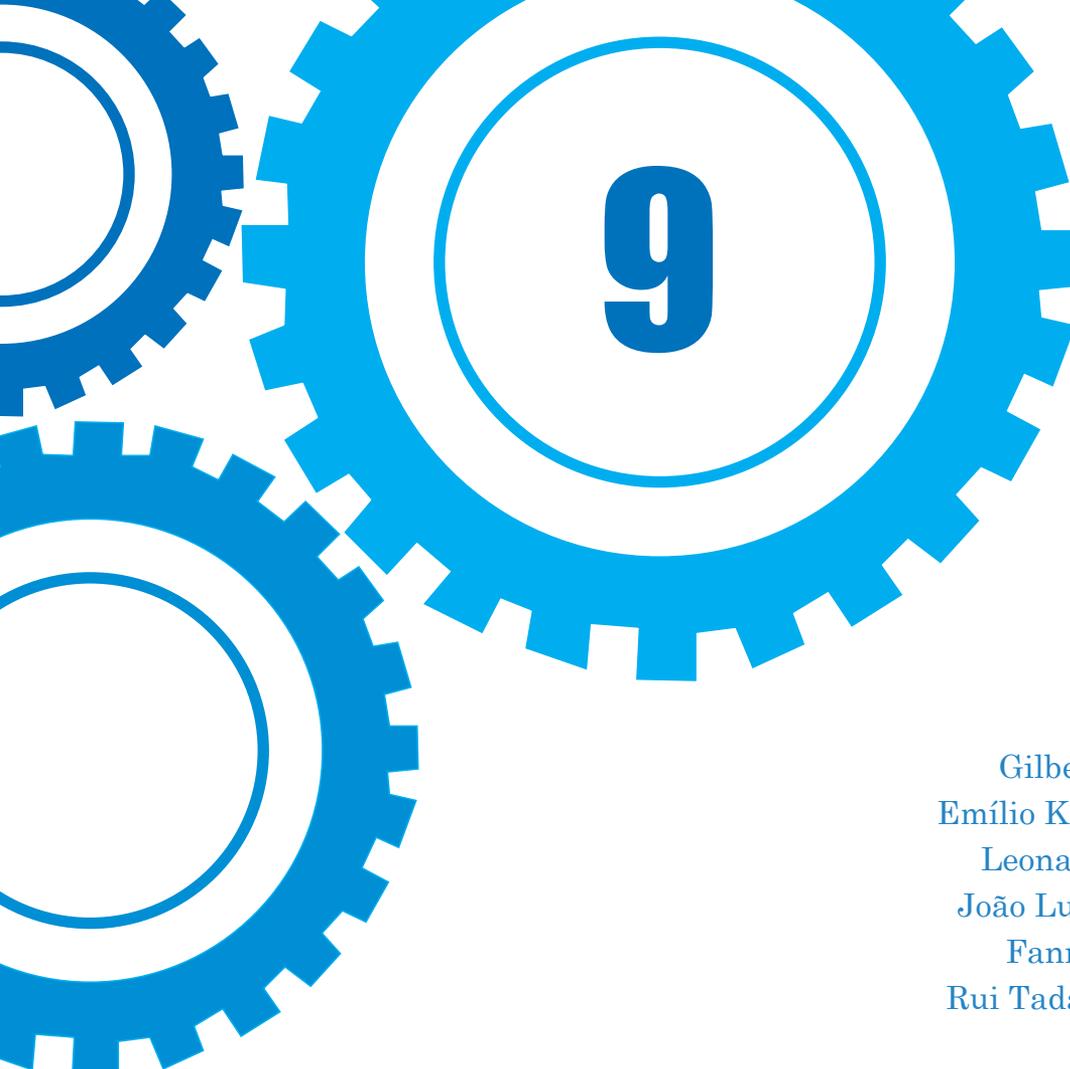
HARVEY, D. **Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. Loyola: São Paulo, 1992.

HENDRICK, H. W.; KLEINER, B. M. **Macroergonomics: an introduction to work system design**. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, 2001.

JOYCE, T. H.; BRELAND, J. W. Management pioneer contributors: 30-year review. **Journal of Management History**, v. 16, n. 4, p. 427-436, 2010.

- KEMP, L. J. Modern to postmodern management: developments in scientific management. **Journal of Management History**, v. 19, n. 3, p. 345–361, 2013.
- KENNEDY, D.; NUR, M. The rise of taylorism in knowledge management. In: TECHNOLOGY MANAGEMENT FOR EMERGING TECHNOLOGIES, 12., 2012, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver: IEEE, 2012.
- KOGI, K. Participatory methods effective for ergonomic workplace improvement. **Applied Ergonomics**, v. 37, p. 547–554, 2006.
- KOUMPAROULIS, D. N.; VLACHOPOULIOTI, A. One hundred years of taylorism: is it still relevant today? **Academic Research International**, v. 3, n. 2, p. 2-7, 2012.
- KOYUNCU, G.; KURT, E.; ERENSAL, Y. C. Work system design in macroergonomics: a case study related to prioritization of major sociotechnical system components by using the fuzzy analytic network process. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 21, n. 1, p. 89-103, 2011.
- KULESZA, M. G.; WEAVER, P. G.; FRIEDMAN, S. Frederick W. Taylor's presence in 21st century management accounting systems and work process theories. **Journal of Business and Management**, v. 17, n. 1, p. 105-119, 2011.
- LANZ, R.; MIROUDOT, S.; NORDÅS, H. K. Offshoring of tasks: taylorism versus toyotism. **The World Economy**, v. 36, n. 2, p. 194-212, 2013.
- MUNIZ, J.; BATISTA JUNIOR, E. D.; LOUREIRO, G. Knowledge-based integrated production management model. **Journal of Knowledge Management**, v. 14, n. 6, p. 858-871, 2010.
- NOVICEVIC, M. M.; HARVEY, M. G.; BUCKLEY, M. R.; ADAMS, G. L. Historicism in narrative reviews of strategic management research. **Journal of Management History**, v. 14, n. 4, p. 334-347, 2008.
- PATAKI, E.; SAGI, A. The contribution of administrative management theoretician in developing. In: INTELLIGENT SYSTEMS AND INFORMATICS, 7., 2009, Subotica. **Proceedings...** Subotica: SISY, 2009.
- PICCININI, V.; HOLZMANN, L.; KOVÁCS, I.; GUIMARÃES, V. N. **O mosaico do trabalho na sociedade contemporânea: persistências e inovações**. Porto Alegre: UFRGS, 2006.
- PRUIJT, H. Teams between neo-taylorism and anti-Taylorism. **Economic and industrial democracy**, v. 24, n. 1, p. 77–101, 2003.

- SALVENDY, G. **Handbook of human factors and ergonomics**. 4. ed. New Jersey: Wiley, 2012.
- SARAIVA, L. A. S.; PROVINCIALI, V. L. N. Desdobramentos do taylorismo no setor têxtil - um caso, várias reflexões. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 9, n. 1, p. 19-32, 2002.
- SCHACHTER, H. L. The role-played by Frederick Taylor in the rise of the academic management fields. **Journal of Management History**, v. 16, n. 4, p. 437-448, 2010.
- SCOTT, W. R. **Organizations, rational, natural, and open systems**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
- SENGUPTA, D. Evolution of modern management science: the fourth wave social sciences. **Social Science Electronic Publishing**, n. 29, p. 1-6, 2012.
- SILVA, L. F.; MONTAGNER, M.; ROSELINO, J. M. O taylorismo sob controle: o lugar das novas e velhas tecnologias na ordem industrial. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 7, n. 1, p. 136-156, 2006.
- TREFF, M. A.; GONÇALVES, L. C.; CAMAROTTO, M. Os impactos da globalização no perfil do trabalho e do trabalhador do século XXI. **Revista Científica Hermes - FIPEN**, v. 8, 2013.
- WANG, H.; HONG, Y. China: technology development and management in the context of economic reform and opening. **Journal of Technology Management in China**, v. 14, n. 1, p. 1-22, 2009.
- WOOD, D. J. Measuring corporate social performance: a review. **International Journal of Management Reviews**, v. 12, n. 1, p. 50-84, 2010.
- ZINK, K. J.; STEIMLE, U.; SCHRODER, D. Comprehensive change management concepts: development of a participatory approach. **Applied Ergonomics**, v. 39, p. 527-538, 2008.



9

Gilberto Zammar
Emílio Kempa Júnior
Leonardo Zammar
João Luiz Kovaleski
Fanny Kovaleski
Rui Tadashi Yoshino

***APLICAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA
DE TECNOLOGIA EM PRÁTICAS
PREDITIVAS PARA ANÁLISE DO
COMPORTAMENTO DE EQUIPAMENTOS
MECÂNICOS: O CASO DE UM REDUTOR
PLANETÁRIO***

INTRODUÇÃO

Em um mercado altamente competitivo, melhorar a utilização dos ativos é fundamental para alcançar excelência. Nesse contexto, a aplicação de corretas práticas de manutenção é primordial para o sucesso, na medida em que essas proporcionam a disponibilidade do equipamento mecânico por um maior período possível no processo produtivo.

Dentre as técnicas de manutenção mais utilizadas, as técnicas preditivas se tornam ferramentas indispensáveis para as empresas que buscam aliar alta produtividade, através da disponibilidade de seus equipamentos e a redução dos custos relativos à manutenção.

Algumas ferramentas da manutenção preditiva são mais utilizadas, pois envolvem questões referentes à facilidade de acesso à tecnologia, recursos disponíveis para a área de manutenção, qualificação das equipes e, a principal, qual a meta que se quer alcançar com a aplicação dessa tecnologia.

Para tanto, a transferência de tecnologia assume um importante papel, à medida que eleva a manutenção a outro patamar, possibilitando a tomada de decisões e atitudes em momentos oportunos, minimizando, assim, os custos de reposição das peças ou dos equipamentos e da produção gerados por uma parada repentina da linha de produção.

O presente estudo foi desenvolvido em uma grande indústria, que é a principal produtora de painéis da América Latina, representando 19,0% da capacidade instalada na região (América Latina). Conta com 12 instalações industriais em 5 países, sendo: Chile, Argentina, Brasil, Venezuela e México, além de presença comercial em mais de 40 países. A unidade industrial em estudo está localizada no Brasil, conta com cerca de 300 funcionários e fabrica os painéis de Medium Density Fiberboard (MDF), além de aplicar os revestimentos de melamina.

Os painéis de MDF são fabricados em processo contínuo, uma vez que a falha de um equipamento considerado crítico, ocasiona a parada de toda a linha de produção. A indústria conta com um programa de parada total anual, com duração de uma semana, para a manutenção de todos os componentes da linha de produção e uma parada menor a cada 45 dias, com duração de 8 a 12 horas, de acordo com a critici-

dade da manutenção requerida pela linha, visando um melhor desenvolvimento do processo durante o calendário de produção.

Neste processo de produção, um equipamento considerado crítico é o redutor planetário que efetua o transporte, a eliminação de gases e a pré-compressão do manto de fibra que, associado a outros processos, irá resultar no painel de MDF.

Nesse cenário, o objetivo do presente estudo é analisar se os serviços prestados pela manutenção são eficientes na produção de confiabilidade da linha de produção durante o calendário produtivo.

REVISÃO DE LITERATURA

REDUTOR PLANETÁRIO

Para Bigaton (2012), redutores de velocidade são máquinas empregadas para se obter grandes reduções de transmissões, sem necessidade de recorrer a engrenagens de grandes diâmetros ou motores de poucos dentes. Os redutores podem ser constituídos de engrenagens paralelas, cônicas e com coroa e rosca sem-fim. Consequentemente, com a redução da velocidade tem-se um aumento significativo no torque transmitido.

Segundo Só (2009), redutor planetário é um equipamento mecânico dotado de uma forma construtiva na qual é possível a conversão de rotação e de torque para as necessidades e a alteração da direção e do sentido do movimento para melhor atender a aplicação em questão. Pode ser também definido como um mecanismo que reduz a velocidade ou o torque de um eixo de entrada rotativa, usando um sistema de engrenagens que gira em torno de uma engrenagem central.

De uma forma ampla, os redutores tipo planetário são sistemas com uma ou mais engrenagens, chamadas de planetas, girando em torno de uma engrenagem central chamada sol. Os planetas são montados sobre uma gaiola ou porta-planetas que podem girar em relação ao sistema sol; o sistema planetário pode incorporar, também, uma engrenagem com dentes internos à carcaça (engrenagem externa), que articula com os planetas.

A Figura 1 apresenta o redutor planetário de uma forma geral (SÓ, 2009).

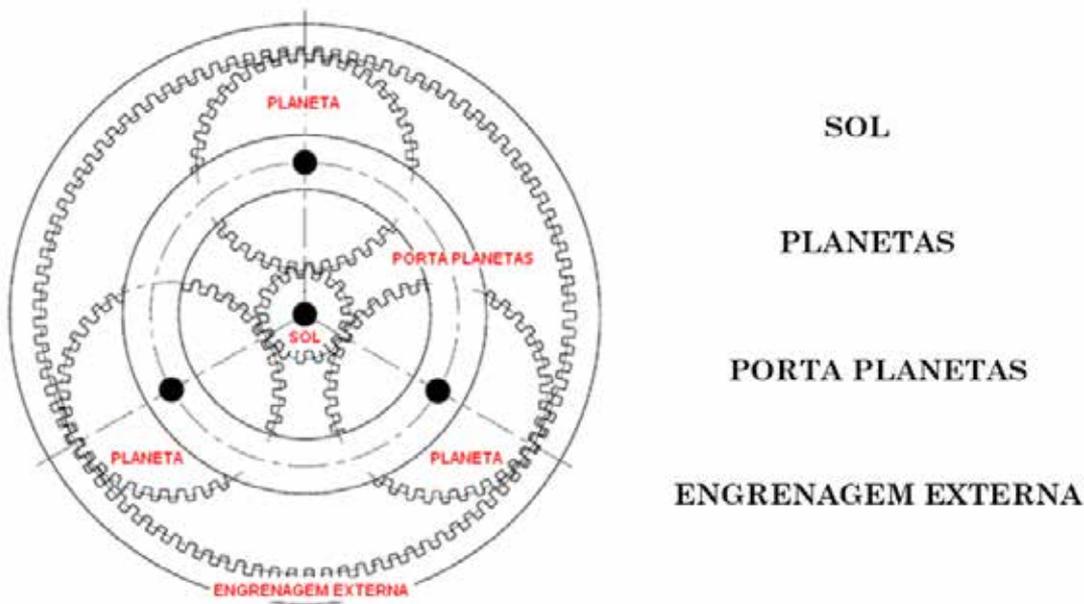


Figura 1 - Esquema de um redutor planetário

Fonte: Só (2009).

Geralmente essa forma construtiva é escolhida, pois proporciona:

- a) alta capacidade de transmissão de torque;
- b) grandes relações de redução;
- c) construção compacta;
- d) equipamento robusto;
- e) permite combinações com outros redutores.

TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Transferência de tecnologia é uma das maneiras encontradas para usar tecnologias mais avançadas para a melhoria do parque industrial. Com o processo de transferência as empresas utilizam tecnologias de ponta para auxiliar no seu processo produtivo, com o objetivo de melhorar sua produção e a qualidade do produto, além de reduzir custos de fabricação. Ao ter acesso a novos conhecimentos, por meio de acordos formais, as empresas envolvidas nesse processo passam as técnicas e os equipamentos modernos para as empresas que estão adquirindo a tecnologia. A transferência de tecnologia tem um papel importante, principalmente em países em desenvolvimento, mas encontra barreiras em virtude da complexidade e do custo de implantação (SZULANSKI, 2000).

Para Freeman e Hagedoorn (1994), os países em desenvolvimento praticam pouca transferência de tecnologia, devido ao alto custo e à falta de capacitação dos colaboradores para capitalizar a aprendizagem do processo que vem com a transferência entre empresas. O aspecto da eficácia da transferência de tecnologia para o desenvolvimento do país é, ainda, permeado pela existência de pesquisadores e profissionais afins para realizar tal processo. Muitas destas questões dizem respeito à natureza do conhecimento e do processo de aprendizagem. Uma delas diz respeito às formas dos conhecimentos transferidos para as empresas. Outra questão é com relação aos tipos de características do processo de aprendizagem em empresas beneficiárias, durante a transferência de tecnologia.

A transferência de tecnologia pode ocorrer de várias maneiras: diretamente pelas pessoas, pela literatura, por participação em conferências e troca de informações, pela aquisição direta de bens e serviços, por meio de licenciamento, coprodução, investimento direto ou consórcios de tecnologia (ROMAN; PUETT JÚNIOR, 1983).

Segundo Cummings e Teng (2003), não existe uma ferramenta para avaliar a eficácia de transferência da tecnologia e do conhecimento antes de instalar o processo. Somente após a instalação é que se consegue medir o efeito da transferência de tecnologia. Essa tecnologia está diretamente ligada ao processo, incluindo a quantidade e o avanço tecnológico adquirido.

De acordo com Hung e Tang (2008), para adquirir tecnologia os gerentes precisam saber encontrar a tecnologia certa, que combine os fatores de produção e o custo,

geralmente capital, trabalho e outros fatores, que minimizem custos de fabricação e maximizem o rendimento.

Zammar (2013) apresenta uma relação de 64 mecanismos de transferência de tecnologia, os quais são representados no Quadro 1.

Mecanismos de transferência de tecnologia		Mecanismos de transferência de tecnologia	
1	Conselho universitário	33	Consultoria
2	Conselho de relações empresariais e comunitárias	34	Workshops
3	Visitas dos dirigentes às empresas	35	Formação de recursos humanos
4	Mesas-redondas com os empresários para discussão curricular	36	Bolsa de estudos e apoio à pós-graduação e à graduação
5	Encontros para intercâmbio de informações com recrutadores de pessoal	37	Estágios acadêmicos curriculares (EAC) e cursos sanduíche
6	Acompanhamento de egressos	38	Períodos sabáticos para professores
7	Extensão universitária	39	Intercâmbio de pessoal, de pesquisadores ou de profissionais
8	Escritórios de colocação de estagiários e trainees nas empresas e em instituições públicas	40	Liaison offices
9	Estágio de professores nas empresas	41	Escritórios de assistência geral
10	Implantação e gestão de núcleos de desenvolvimento de tecnologia em parceria	42	Escritório de transferência de tecnologia
11	Compartilhamento de equipamentos, cedidos pela empresa, na universidade	43	Consultoria institucional
12	Atividades com ex-alunos que estão em ação na indústria	44	Pesquisa contratada

9 *Aplicação da transferência de tecnologia em práticas preditivas para análise do comportamento de equipamentos mecânicos: o caso de um redutor planetário*

13	Utilização do estágio enquanto disciplina, como meio de troca de informações	45	Serviços contratados (desenvolvimento de protótipos, testes, entre outros)
14	Programas de gestão tecnológica	46	Prestação de serviços de cunho tecnológico
15	Programas de educação continuada	47	Agência de fomento
16	Cursos de extensão e cursos extraordinários	48	Treinamento de funcionários das empresas
17	Programa de educação à distância	49	Treinamento on the jobs para estudantes / Treinamentos para estudantes
18	Spin-offs	50	Convênios ou convênios guarda-chuva
19	Alianças estratégicas entre firmas / Associações industriais	51	Patrocínio de P&D em departamentos das universidades / Patrocínio industrial ou governamental de P&D em departamentos da universidade
20	Laboratórios governamentais / Institutos de pesquisa aplicada	52	Doações e auxílios para pesquisas
21	Grupos de pesquisa acadêmicos	53	Parceria no suporte financeiro para o desenvolvimento de teses
22	Redes interinstitucionais	54	Contratos de associações
23	Patentes	55	Consórcios de pesquisas / Consórcios de pesquisa universidade-empresa (ou centros de pesquisa cooperativa)
24	Hotel tecnológico	56	Importação explícita de tecnologia
25	Incubadoras de empresas	57	Vigilância tecnológica
26	Parques tecnológicos / Polos	58	Cópia
27	Licenciamento	59	Empresa subcontratada
28	Publicações	60	Pesquisa cooperativa
29	Encontros	61	Pesquisa e desenvolvimento
30	Projetos de P&D cooperativos / Projetos ou programas de pesquisa corporativa	62	Contratação de especialistas

31	Pesquisas tecnológicas em parcerias	63	Agências de desenvolvimento e de sistemas de inovação
32	Comprar tecnologias prontas	64	Benchmarking

Quadro 1 - Mecanismos de transferência de tecnologia

Fonte: Adaptado de Zammar (2013).

Nota: P&D: Pesquisa e desenvolvimento.

TÉCNICAS PREDITIVAS

Viana (2002) diz que o conceito de preditiva engloba tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, através de monitoramento, medições ou por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha.

Segundo Pinto e Xavier (1999), as condições básicas para que seja estabelecida este tipo de manutenção, são as seguintes:

- a) o equipamento, o sistema ou a instalação deve permitir algum tipo de monitoramento;
- b) as falhas devem ser originadas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- c) a adoção de um programa de acompanhamento, de análise e de diagnóstico sistematizado;
- d) é fundamental que a mão de obra da manutenção responsável pela análise e pelo diagnóstico seja bem treinada (não basta medir, é preciso analisar resultados e formular diagnósticos).

O objetivo deste tipo de manutenção é determinar o tempo correto da necessidade dessa intervenção, evitando desmontagens desnecessárias dos equipamentos e procurando utilizar o componente até o máximo de sua vida útil.

Essa atuação deve ser realizada com base em modificações de parâmetros de condição ou de desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Este

tipo de manutenção, nada mais é do que uma manutenção preventiva baseada na condição do equipamento. Esta técnica de manutenção é interessante, pois permite o acompanhamento através de medições realizadas com o equipamento em pleno funcionamento, o que lhe possibilita uma maior disponibilidade, já que este vai sofrer intervenção, somente quando estiver próximo de um limite estabelecido previamente pela equipe de manutenção (PINTO; XAVIER, 1999).

Segundo Moura (2007), as técnicas preditivas mais utilizadas são:

- a) ensaios não destrutivos (END) – ultrassom, radiografia, entre outros;
- b) análise de vibrações mecânicas;
- c) radiometria e termografia – análise de temperatura;
- d) ferrografia – análise da qualidade do óleo e dos lubrificantes;
- e) análise de ligas;
- f) monitoramento de variáveis operacionais.

Análise de Vibrações

Conforme Almeida, Almeida e Góz (2003), a análise de vibrações é uma das técnicas utilizadas na manutenção preditiva para a avaliação de máquinas rotativas (ventiladores, redutores, bombas, turbinas, entre outras) que apresenta um melhor custo/benefício em relação às demais, fornecendo dados que possibilitam prolongar a vida dos equipamentos, com base nas informações obtidas durante a operação. Todos os equipamentos emitem sinais vibratórios que, através de equipamentos adequados, podem ser captados, transformados e analisados, definindo-se assim, o que é normal ao seu funcionamento e quais sinais aparecem apenas quando o equipamento tende a uma falha ou se encontra em condição anormal.

Para Silva (2004), algumas máquinas necessitam de vibrações, como transportadores, peneiras vibratórias, entre outras; porém, quase na sua totalidade, máquinas, equipamentos, estruturas e o próprio ser humano não se adaptam em ambientes vibratórios. Quando se coloca em funcionamento um equipamento novo, espera-se

que este tenha vida longa ou, pelo menos, isento de problemas até atingir o limite projetado. Contudo, deficiência de projetos, erros de especificação, fabricação, transporte, instalação, operação, lubrificação e manutenção inadequadas propiciam máquinas pouco confiáveis.

As principais consequências das vibrações indesejáveis são:

- a) alto risco de acidentes;
- b) desgaste prematuro de componentes;
- c) quebras inesperadas (com paradas repentinas de produção);
- d) aumento do custo de manutenção (consumo excessivo de peças de reposição);
- e) perdas de energia;
- f) fadiga estrutural;
- g) desconexão de partes (instabilidade geométrica);
- h) baixa qualidade dos produtos (acabamento ruim);
- i) ambiente de trabalho inadequado.

Parâmetros de Vibrações

Os parâmetros de vibrações são universalmente medidos em unidades métricas e podem ser relacionados entre si. Segundo Almeida, Almeida e Góz (2003) são eles:

- a) deslocamento;
- b) velocidade;
- c) aceleração.

Representações gráficas do comportamento do deslocamento, da velocidade e da aceleração com a frequência podem ser vistas na Figura 2. Observa-se que o deslocamento apresenta grandes amplitudes em baixas frequências e pequenas amplitudes em frequências mais elevadas. O comportamento da aceleração é justamente

o contrário, ou seja, apresenta pequenas amplitudes em baixas frequências, porém grandes amplitudes em frequência mais elevada.

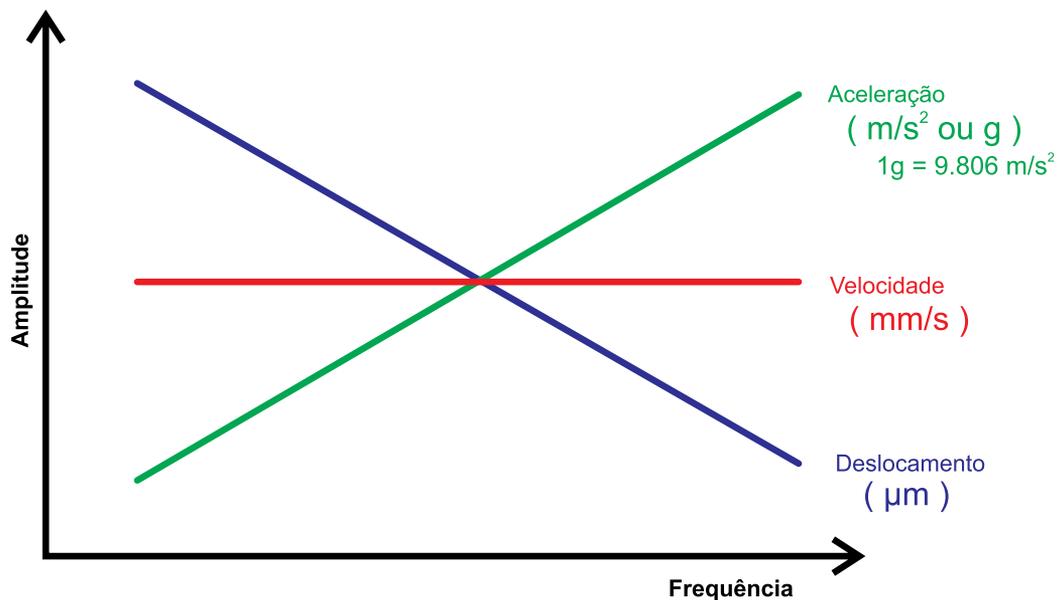


Figura 2 - Representação gráfica: deslocamento, velocidade e aceleração

Fonte: Silva (2004).

Silva (2004) diz que a velocidade mantém um comportamento mais homogêneo, tanto em baixas frequências quanto em frequências mais elevadas. Além disso, a energia cinética de vibração da máquina é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade de vibração. Por estes motivos, a velocidade é geralmente o parâmetro mais usado para limite de severidade de vibração (valor máximo admissível dentre todos os pontos de medição) de máquinas girantes, estabelecido em normas e, também, para a análise espectral no diagnóstico de problemas que induzem vibrações na máquina.

Segundo Coronado (2009), é muito difícil evitar a vibração. Geralmente ela ocorre por causa dos efeitos dinâmicos de tolerâncias de fabricação, folgas, contatos,

atrito entre as peças de uma máquina e, ainda, devido às forças desequilibradas de componentes rotativos e de movimentos alternados. Assim, como a amplitude determina a severidade com que os níveis de vibração são avaliados, a frequência com que um determinado evento acontece irá definir a origem dessa vibração, sendo de fundamental importância o conhecimento completo do projeto da máquina, para que se possa calcular e determinar essas frequências.

Na Figura 3, tem-se um exemplo de defeito que pode ser identificado no espectro.

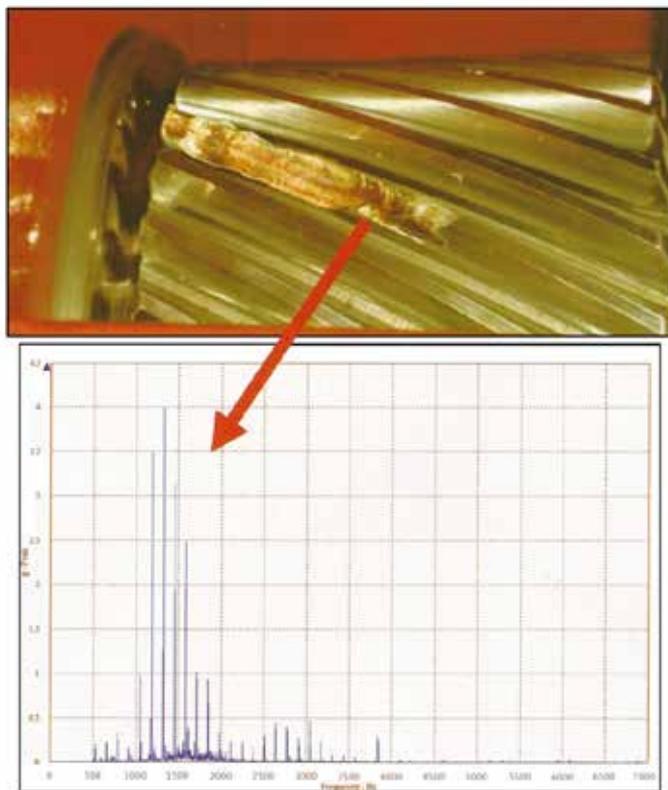


Figura 3 - Evidência de dente quebrado de uma engrenagem no espectro

Fonte: Adaptado do Instituto de Vibração MTA (s/d).

Nota: MTA: Máxima Temperatura Admissível.

Geralmente os defeitos aparecerão em determinadas faixas dentro do espectro a ser analisado. Saber identificar um determinado defeito em um espectro de vibração é um trabalho que exige muito conhecimento e a utilização de técnicas de análise avançada. Contudo, alguns desses defeitos possuem características próprias que podem servir como orientação na elaboração de um diagnóstico.

Termometria

Para Brito, Lamim Filho e Alves (2006), a termometria, como a própria palavra diz ('termo' de calor e 'metro' de medir, medição), são formas de se medir a temperatura ou o calor gerado pelos corpos.

A termometria industrialmente conhecida pode ser dividida em: convencional e infravermelha. A termometria convencional utiliza termoelementos, tais como os termopares tipos J, K, R, S, B, entre outros. Estes termopares são duas ligas de metais diferentes que, com o calor, geram uma força eletromotriz e termo resistências que variam a resistência ôhmica com o aumento ou diminuição do calor. A termometria infravermelha usa sensores de temperatura que medem a energia emitida pelo objeto através do espectro eletromagnético infravermelho (BRITO; LAMIM FILHO; ALVES, 2006).

As aplicações, tanto para a termometria convencional como para a infravermelha são ilimitadas. Toda vez que se necessita saber a temperatura de um corpo ou a temperatura que é gerada por ele, será necessário medir através de uma das duas formas.

A termometria convencional é muito utilizada em aplicações onde é necessário imergir o sensor para se conhecer a temperatura (tubos fechados com líquidos, equipamentos fechados, entre outros). A termometria infravermelha sempre mede a temperatura superficial do objeto. Em raras exceções, também se mede a temperatura em profundidade (vidro líquido). Ela é aplicada onde o sensor não pode ou não deve entrar em contato com o objeto (painéis elétricos energizados, alimentos, plásticos, entre outros) (BRITO; LAMIM FILHO, ALVES, 2006).

Ainda na visão de Brito, Lamim Filho e Alves (2006), uma das variáveis mais importantes na implantação do Programa de Manutenção Preditiva é a Máxima Temperatura Admissível (MTA) de componentes, ou seja, a máxima temperatura sob a qual se permite que o componente opere. Seus valores podem ser obtidos a partir das especificações técnicas dos componentes ou junto aos fabricantes. Não sendo possível obter estes valores, recomenda-se a fixação de 90,0oC como valor de referência para conexões e componentes metálicos e de 70,0oC para cabos isolados.

DESENVOLVIMENTO

HISTÓRICO DA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA ESTUDADA

Em uma análise nos documentos da indústria e um confronto com os 64 mecanismos de transferência de tecnologia mencionados por Zammar (2013), destacados no Quadro 1, foi possível identificar 22 mecanismos utilizados pela indústria, conforme Quadro 2.

Mecanismos de transferência de tecnologia (utilizados pela indústria)		Mecanismos de transferência de tecnologia (utilizados pela indústria)	
1	Encontros para intercâmbio de informações com recrutadores de pessoal	12	Bolsa de estudos e apoio à pós-graduação e à graduação
2	Implantação e gestão de núcleos de desenvolvimento de tecnologia em parceria	13	Pesquisa contratada
3	Utilização do estágio enquanto disciplina, como meio de troca de informações	14	Serviços contratados (desenvolvimento de protótipos, testes, entre outros)
4	Programas de educação continuada	15	Prestação de serviços de cunho tecnológico

5	Cursos de extensão e cursos extraordinários	16	Treinamento <i>on the Jobs</i> para estudantes / Treinamentos para estudantes
6	Projetos de P&D cooperativos / Projetos ou programas de pesquisa corporativa	17	Convênios ou convênios guarda-chuva
7	Pesquisas tecnológicas em parcerias	18	Importação explícita de tecnologia
8	Compra de tecnologias prontas	19	Empresa subcontratada
9	Consultoria	20	Pesquisa e desenvolvimento
10	<i>Workshops</i>	21	Contratação de especialistas
11	Formação de recursos humanos	22	<i>Benchmarking</i>

Quadro 2 - Mecanismos de transferência de tecnologia utilizados na indústria

Fonte: Autoria própria (2014).

Nota: P&D: Pesquisa e desenvolvimento.

Inicialmente a implantação das técnicas preditivas foi desenvolvida por empresas terceirizadas com o acompanhamento de um funcionário da indústria nas medições. Já as análises dos espectros de vibrações e diagnósticos eram realizadas totalmente na empresa terceirizada.

Com visão estratégica, a diretoria da indústria decidiu adotar essa tecnologia, adquirindo os equipamentos e treinando uma equipe para realizar medições, análises e diagnósticos dos equipamentos (controlados pela técnica).

O REDUTOR PLANETÁRIO

O redutor planetário avaliado é apresentado nas Figuras 4 e 5 juntamente com o motor de acionamento; possui 3 estágios planetários com acionamento ou entrada no sol do primeiro estágio e relação de transmissão de 162,96.



Figura 4 - Redutor – TAG I00M01

Fonte: Autoria própria (2014).



Figura 5 - Motor e redutor planetário

Fonte: Autoria própria (2014).

Este tipo de equipamento é projetado e desenvolvido por encomenda e necessita de um período para a sua fabricação, portanto efetuou-se a encomenda e o redutor foi adquirido com o objetivo de ser instalado na parada geral de manutenção programada para o final do exercício anual. Durante o processo de aquisição foi solicitado um

upgrade no torque nominal do redutor, passando de 186 KNm (equipamento anteriormente instalado na linha de produção) para 220 KNm. Isso se deu devido a uma necessidade operacional com a implementação de uma gama de produtos de baixa espessura na linha de produção.

O redutor foi instalado na parada anual, dentro do cronograma inicial, por uma equipe de técnicos internos, sendo supervisionado por um técnico da empresa fabricante, garantindo assim que todos os procedimentos recomendados no manual de operação fossem seguidos. No primeiro dia útil do exercício futuro, o redutor foi colocado em funcionamento, sem carga, ocasião em que foi efetuado o primeiro monitoramento através da análise de vibrações.

A função do redutor na linha de produção é efetuar o movimento circular de um rolo que traciona uma correia transportadora, o equipamento movido é denominado de I00M01 – superior, na linha de produção efetua o transporte, a eliminação de gases e a pré-compressão do manto de fibra que associado a outros processos irá resultar no painel de MDF.

O trabalho de levantamento de dados do equipamento avaliado pela manutenção preditiva, especialmente pela análise de vibração, é de extrema importância. Para isso, no primeiro passo, foram feitas medições sem carga, a fim de realizar uma análise do equipamento, identificando quais são os sinais dinâmicos de cada componente (engrenagens, rolamentos, acoplamento, agrupados para o seu funcionamento) e determinando as possíveis frequências de falhas e quais os melhores pontos de coleta dos dados de vibração que vão transmitir um sinal com mais qualidade e, na sequência, foram feitas medições em plena carga.

Para as medições em plena carga o redutor foi monitorado durante a produção do painel com 5,5 mm de espessura, que por ser o produto de menor espessura fabricado na linha, consegue-se atingir uma maior velocidade no equipamento, gerando sinais de vibração mais evidentes no espectro, onde se tem uma rotação de entrada no motor de 1845 RPM, sendo essa a base utilizada para os cálculos das frequências de engrenamento do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

MEDIÇÕES SEM CARGA

Ao considerar a rotação dos elementos internos, associada a cada ponto de medição, à massa estrutural que o sinal de vibração deve percorrer até chegar ao acelerômetro e à condição sem carga do equipamento no primeiro monitoramento, verificaram-se níveis de aceleração (G-s RMS) elevados em todo o redutor, com destaque para aqueles coletados na região do cabeçote de entrada.

O espectro da Figura 6 apresenta os dados vibracionais do ponto de coleta localizado no cabeçote de entrada.

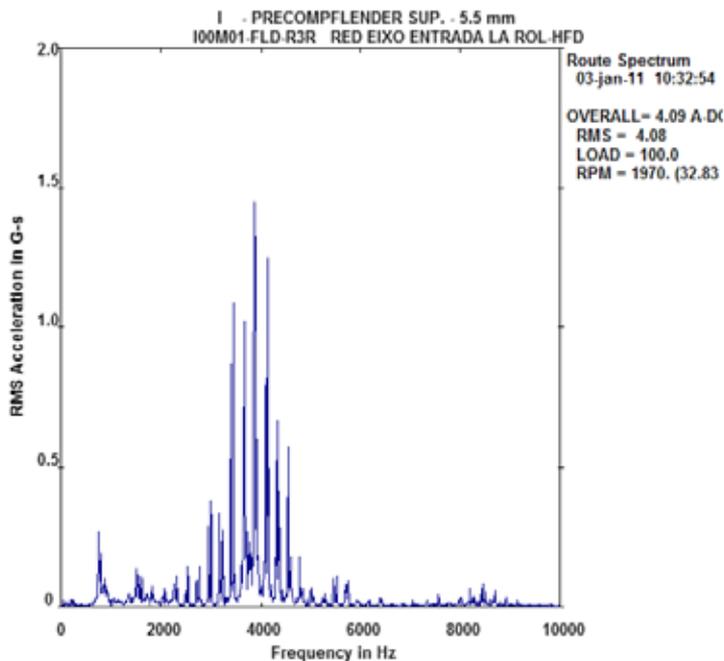


Figura 6 - Espectro de aceleração com rotação de 1970 RPM sem carga

Fonte: Autoria própria (2014).

Foi verificada a existência de energia concentrada na faixa de frequência de 3000 a 5000 Hz. Isto significa que existem mais micro impactos (até possíveis esfregamentos) ocorrendo em altas frequências. Ainda, próximo ao redutor foi possível verificar a presença de um ruído anormal com intensidade moderada.

Por se tratar de um monitoramento feito em regime transiente e com sistema sem carga, inicialmente os dados de temperatura não foram coletados, o que poderia trazer informações erradas da real condição do equipamento.

MEDIÇÃO COM CARGA

Com as condições operacionais da linha restabelecidas, o redutor planetário entrou em operação, em *status* de alerta, com a produção de painéis com espessura de 15 mm e velocidade de entrada em torno de 900 RPM.

Dentro de um padrão interno estabelecido, o redutor planetário, foi monitorado sempre que houve a produção do painel de MDF com 5,5 mm de espessura o que gera no redutor, motivo deste estudo, uma velocidade de entrada em 1845 RPM. Essa medida foi adotada para que os gráficos de tendência gerados pelas bandas sofressem mínima influência de variações de carga e de velocidade e, ainda, pelo fato de que as frequências geradas pelos engrenamentos em painéis de maior espessura são muito baixas.

Conforme planejamento de produção, uma semana após a instalação do redutor iniciou-se a produção do painel 5,5 mm, sendo monitorado: temperatura, condições vibracionais e inspeção sensitiva para avaliação do ruído. Os resultados obtidos mantiveram-se elevados e foram encontradas novas evidências de falhas.

CONTROLE DE TEMPERATURA

Para avaliação da temperatura aguardou-se o equipamento entrar em um regime de funcionamento permanente, tempo esse estimado em torno de oito horas,

assim, os dados coletados não sofreriam influência do regime transiente. Com base nos dados apresentados no item 9.4.1, por motivo de simples verificação, já nas primeiras horas de funcionamento iniciou-se o monitoramento da temperatura, porém em duas horas a temperatura no cabeçote de entrada se elevou de um valor médio de 65,0°C para 97,2°C.

A Figura 7 apresenta a região monitorada, juntamente com a imagem da câmera termográfica.

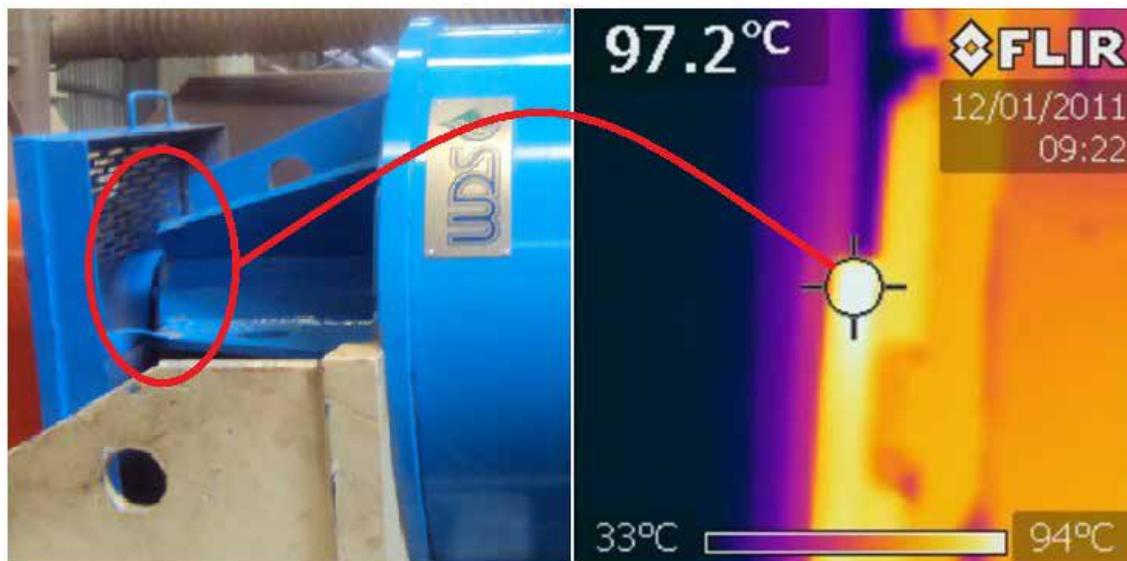


Figura 7 - Redutor, região do cabeçote onde a temperatura foi coletada

Fonte: Autoria própria (2014).

Com aproximadamente oito horas de funcionamento, o redutor já estava em regime permanente e a avaliação de temperatura indicou que todo o conjunto estava aquecido, com valores de temperatura em torno de 97,0°C, considerados elevados.

A Figura 8 apresenta a imagem da câmera termográfica na região de transição do segundo para o terceiro estágio planetário.

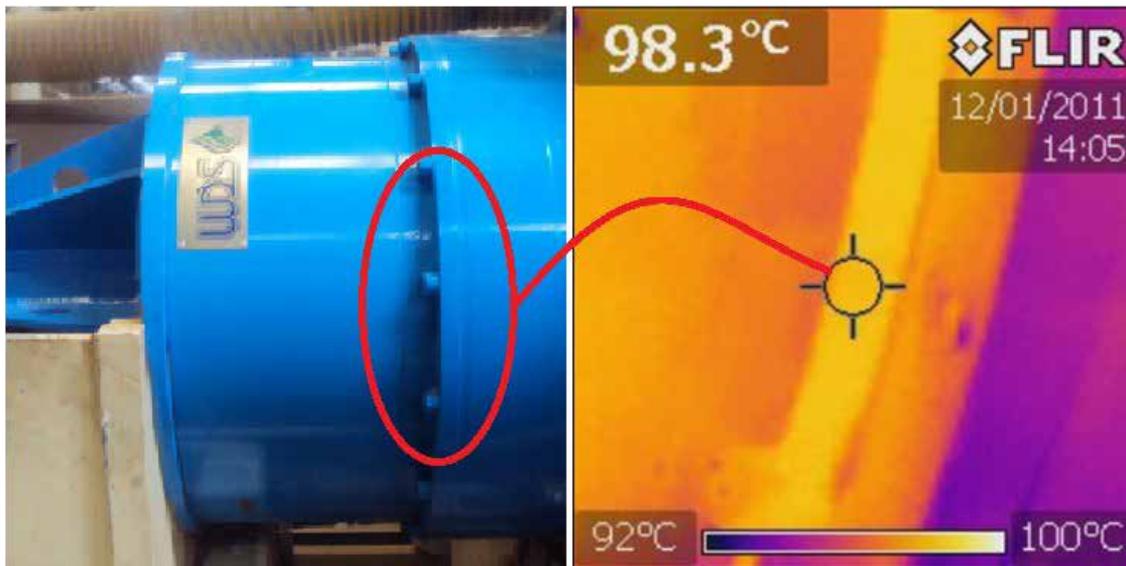


Figura 8 - Medição de temperatura na transição do segundo para o terceiro estágio

Fonte: Autoria própria (2014).

ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Com o equipamento em carga e elevação da temperatura, verificou-se no cabeçote de entrada, a presença de frequência de falha da gaiola *Fundamental Train Frequency* (FTF) do rolamento.

A Figura 9 apresenta o espectro com a frequência FTF marcada.

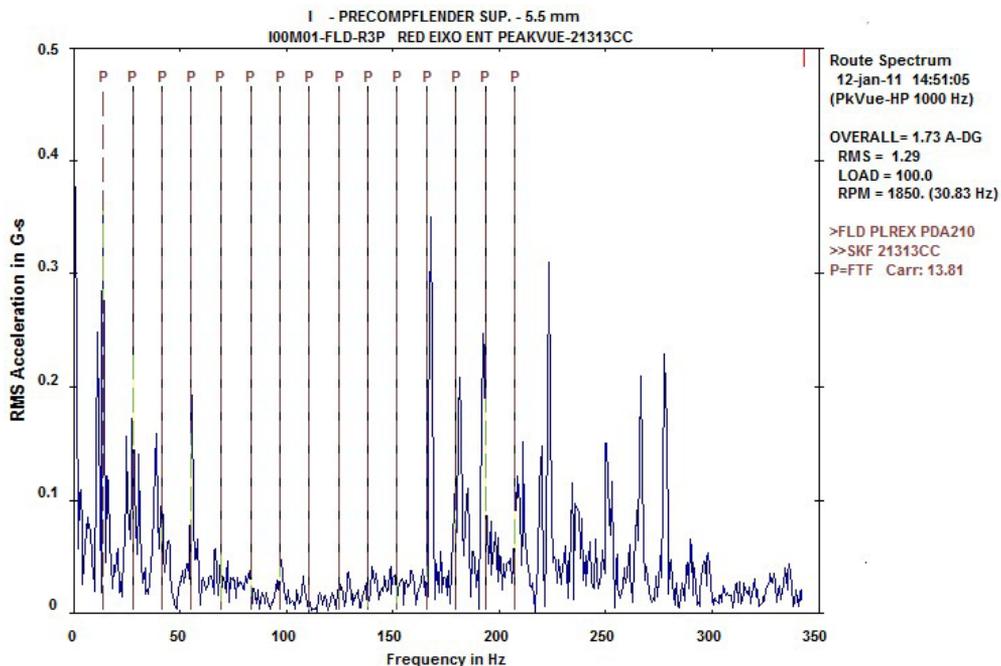


Figura 9 - Espectro apresentado FTF do rolamento

Fonte: Autoria própria (2014).

A presença de falha em FTF em um espectro de vibração gera uma condição extra de alerta, pois esse tipo de frequência não possui um ‘padrão’ de evolução definida e com características passíveis de serem acompanhadas. Normalmente, o estágio final de falha do rolamento ocorre de maneira súbita com a degradação total do rolamento através da ruptura da gaiola.

Analisando o desenho construtivo do equipamento foi possível identificar a região onde o rolamento está montado, bem como sua função dentro do redutor, que mancaliza o eixo, onde está montado o acoplamento de ligação com o motor e pinhão sol do primeiro estágio do redutor.

Avançando na análise, com destaque para os dados coletados no ponto no primeiro estágio, verificou-se nos espectros o esfregamento no contato do primeiro e segundo estágios, conforme apresentado na Figura 10.

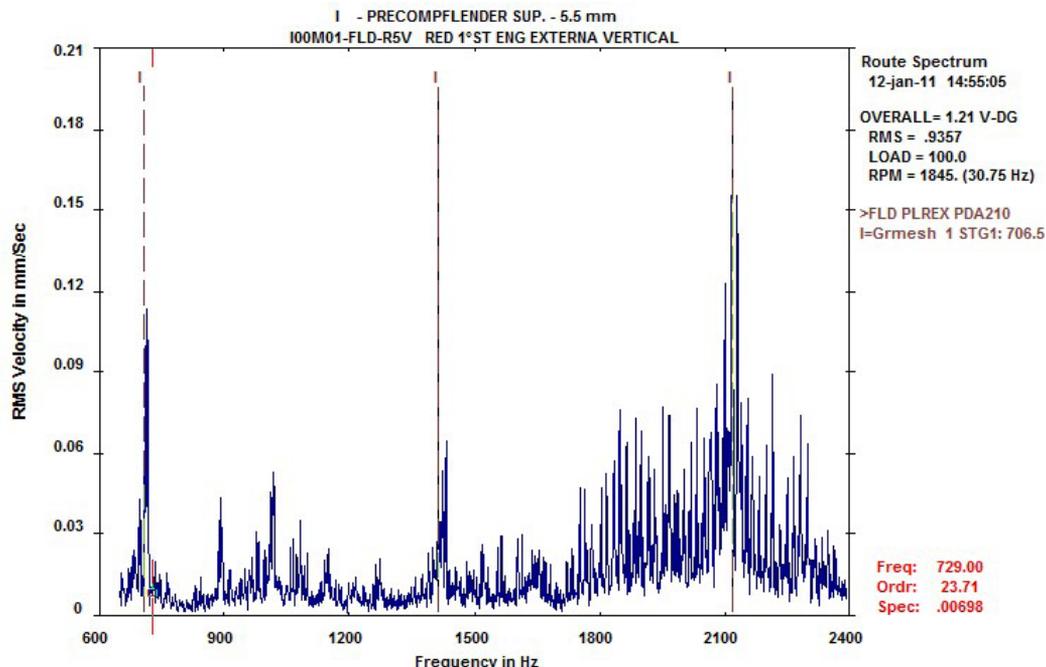


Figura 10 - Esfregamento no contato das engrenagens do primeiro estágio

Fonte: Autoria própria (2014).

Analisando a forma de onda no tempo do referido ponto, verificaram-se impactos cíclicos com intervalos de tempo definidos na frequência de passagem dos planetas do primeiro estágio por um ponto fixo na engrenagem externa, podendo ser visualizado na Figura 11. Essa condição ocorre quando se tem um ponto de defeito nos dentes da engrenagem. A amplitude e evolução dos níveis geralmente são determinantes para concluir se o defeito é grave ou está em evolução.

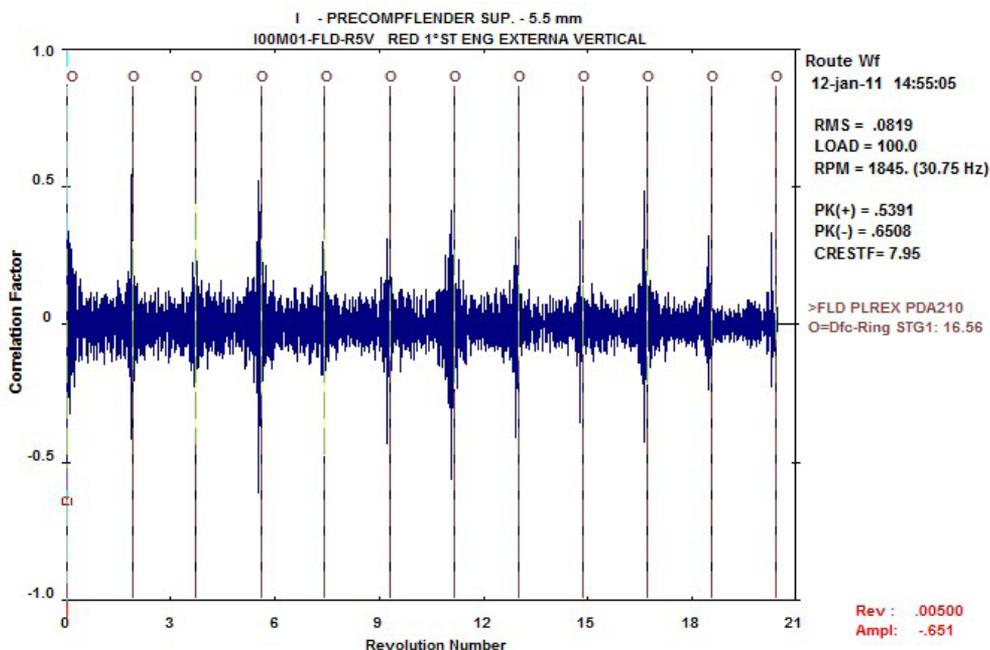


Figura 11 - Impactos cíclicos no anel externo

Fonte: Autoria própria (2014).

DIAGNÓSTICO DO REDUTOR

Foram analisados os dados de controle de temperatura, de ruído e, principalmente, de análise de vibrações e concluiu-se que:

- o rolamento responsável pela mancalização do eixo de entrada apresentou sintomas de falha na sua gaiola;
- presença de um forte esfregamento no contato das engrenagens do primeiro e segundo estágios planetário;
- existência de uma imperfeição dos dentes da engrenagem externa, no contato do primeiro estágio com os planetas.

RECOMENDAÇÕES

A condição do redutor foi definida como crítica e foi realizada a sua substituição com aproximadamente 45 dias de funcionamento. Por se tratar de um equipamento novo e ainda em garantia, foi enviado ao fabricante para proceder a sua avaliação e possíveis correções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com conceitos pré-definidos, muitos acreditam que em um equipamento novo, basta apenas sua instalação e operação conforme determina o fabricante e, seguir as recomendações no que se refere a intervalos de intervenção, no caso, a substituição da carga de lubrificante. Neste estudo foi apresentada uma condição real de um equipamento que ‘deveria’ seguir esse conceito, contudo, isso não se configurou.

Paralelo a isso, mais uma vez, ficou comprovada a efetividade da transferência de tecnologia através da técnica preditiva de análise de vibrações mecânicas e análise termométrica, mesmo em um equipamento extremamente complexo que envolve baixíssimas rotações, sendo possível a programação de uma intervenção no equipamento antes que ocorresse sua falha total, comum em redutores planetários. Esta intervenção ocorreu a apenas 45 dias de sua instalação, comprovando que a sua falha era totalmente inesperada.

As equipes de manutenção local conseguiram evitar a falha total de um equipamento novo, primordial para o processo produtivo, que custa aproximadamente US\$ 350.000,00, onde o custo da linha parada, de forma inesperada, é de aproximadamente US\$ 17.000,00 por hora.

Assim, ficou comprovada a eficácia da transferência de tecnologia, onde foi possível programar a manutenção deste equipamento de forma planejada, pois a técnica preditiva previu a falha total e foi decidido pela manutenção programada em uma parada que ocorre a cada 45 dias. Este foi um caso real de sucesso da aplicação de técnicas preditivas para analisar o comportamento de equipamentos mecânicos dentro do processo produtivo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. R. V.; ALMEIDA, M. T.; GÓZ, R. D. S. **Análise de vibrações I: medidas e diagnósticos**. Itajubá: Fupai, 2003.
- BIGATON, C. Redutor de velocidade. In: CICLO DE MECÂNICA, 3., 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Centro de Educação Tecnológica Paula Souza, 2012.
- BRITO, J. N.; LAMIM FILHO, P. C. M.; ALVES, P. A. S. Implantação do programa de manutenção preditiva de painéis elétricos através da análise termoelétrica. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA E INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS, 11., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2006.
- CORONADO, M. **Apostila de manutenção preditiva por análise de vibrações nível I: VIB I**. São Paulo: GYR, 2009.
- CUMMINGS, J. L.; TENG, B. S. Transferring R&D knowledge: the key factors affecting knowledge transfer success. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 20, p. 39-68, 2003.
- FREEMAN, C.; HAGEDOORN, J. Catching up or falling behind: patterns in international interfirm technology partnering. **World Development**, v. 22, n. 5, p. 771-780, 1994.
- HUNG, S. W.; TANG, R.-H. Factors affecting the choice of technology acquisition mode: an empirical analysis of the electronic firms of Japan, Korea and Taiwan. **Technovation**, v. 28, p. 551-563, 2008.
- INSTITUTO DE VIBRAÇÃO MTA. **Curso de análise de vibração em redutores e sistemas com engrenagens**. Itajubá, MG: Instituto de Vibração MTA, [20--?]. 1 CD-ROM.
- KARDEC, A.; NACIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- MOURA, C. R. O. **Metodologia de avaliação integrada do sistema de gestão de manutenção baseado na NBR ISO 9001:2000 e PNQ 2005**. 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- ROMAN, D. D.; PUETT JÚNIOR, J. E. **International business and technological innovation**. New York: Elsevier Science Publishing Co., 1983.
- SILVA, H. P. **Diagnóstico de problemas em máquinas elétricas girantes**. Jaraguá do Sul: Campus, 2004.

SÓ, A. C. A. **Aumento da confiabilidade através de técnicas preditivas em redutores planetários com baixa rotação de saída.** Araraquara: Power Motion do Brasil, 2009.

SZULANSKI, G. The process of knowledge transfer: a diachronic analysis of stickiness. **Organizational Behavior and Human Decision Process**, v. 82 p. 9-27, 2000.

VIANA, H. R. G. **PCM: planejamento e controle da manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

ZAMMAR, A. **Estudo da viabilidade de existência de transferência de tecnologia a partir da implantação de um centro logístico e industrial aduaneiro na cidade de Ponta Grossa - PR.** 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

ORGANIZADORES

LUIZ ALBERTO PILATTI

Graduado em Educação Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), mestre em Educação pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) e doutor em Educação Física pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Ponta Grossa. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

ANTONIO CARLOS FRASSON

Graduado em Educação Física pela Escola de Educação Física e Desportos do Paraná, mestre em Educação pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) e doutor em Educação pela UNIMEP. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Ponta Grossa.

CAMILA LOPES FERREIRA

Graduada em Administração de Empresas com ênfase em Análise de Sistemas e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Curitiba.

ALDO BRAGHINI JUNIOR

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), mestre e doutor em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP) e pós-doutor pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Ponta Grossa.

ANTONIO AUGUSTO DE PAULA XAVIER

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), mestre em Engenharia Civil e doutor em Engenharia de Produção, ambos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Ponta Grossa.

ISAURA ALBERTON DE LIMA

Graduada em Administração pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), mestre em Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública da UTFPR – Câmpus Curitiba.

Fonte: Century Schoolbook

A coletânea Engenharia de Produção: temas e debates foi construída no interior do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, do Câmpus Ponta Grossa, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A coletânea, estruturada em nove capítulos, apresenta os resultados de estudos inéditos. Diversos temas são colocados em debate, dentre os quais: diagnóstico para a simbiose industrial; trabalho individual e em equipe no ambiente industrial; monitoramento via PCR de Salmonella spp. no processamento de carne suína; aplicação de técnicas de visualização nos conhecimentos gerados pelos algoritmos de mineração de dados; processo de desenvolvimento de produto na indústria moveleira; aplicação da espectroscopia de infravermelho próximo como inovação agroindustrial para controle de qualidade de produto de origem vegetal; desenvolvimento de cardápios para restaurantes universitários por meio de programação linear inteira; sistemas clássicos de administração versus sistemas abertos; transferência de tecnologia em práticas preditivas para a análise do comportamento de equipamentos mecânicos. As temáticas são atuais e revelam tendências da área.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7014-124-8



9 788570 141248