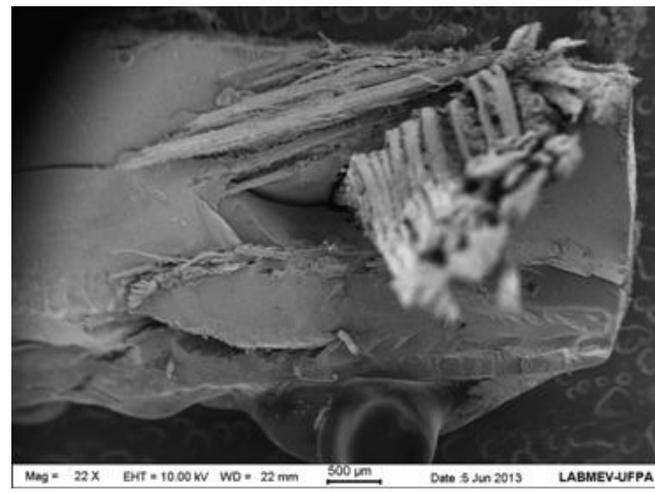




ITEGAM - JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS (JETIA)

Editor-in-Chief: J.C. Leite



Available online at www.itegam-jetia.org





O **ITEGAM-JETIA – Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)** é uma publicação do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), localizado na cidade de Manaus desde 2008. **ITEGAM-JETIA** publica artigos científicos originais que cobrem todos os aspectos de engenharia. Nosso objetivo é a divulgação da investigação original, útil e relevante apresentando novos conhecimentos sobre aspectos teóricos ou práticos de metodologias e métodos utilizados em engenharia ou que levam a melhorias nas práticas profissionais. Todas as conclusões apresentados nos artigos deve basear-se no estado-da-arte e apoiada por uma análise rigorosa atual e uma equilibrada avaliação. A revista publica artigos de pesquisa científica e tecnológica, artigos de revisão e estudos de caso.

O **ITEGAM-JETIA** abordará temas das seguintes áreas do conhecimento: Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Materiais e de Mineralogia, Geociências, Meio Ambiente, Sistemas de Informação e Decisão, Processos e Energia, Elétrica e Automação, Mecatrônica, Biotecnologia e outras áreas relacionadas à Engenharia.

Informações da Publicação:

ITEGAM-JETIA (ISSN 2447-0228), online) é publicado pelo Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), com uma periodicidade trimestral (março, junho, setembro, dezembro).

Informações para Contato:

Página da WEB: www.itegam-jetia.org

E-mail: editor@itegam-jetia.org ou secretaria@itegam-jetia.org

ITEGAM – Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia.

Avenida Joaquim Nabuco, Nº. 1950. Centro. Manaus – Amazonas - Brasil.

CEP: 69020-031. Fone: (92) 3584 – 6145 e 3248 – 2646.

Copyright 2014. Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM)

A reprodução total ou parcial de textos relacionadas aos artigos é permitida, somente no caso da fonte seja devidamente citada. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Aviso prévio

Todas as declarações, métodos, instruções e ideias são apenas responsabilidade dos autores e não representam, necessariamente, a vista do ITEGAM-JETIA. A editora não se responsabiliza por qualquer prejuízo e/ou danos para a utilização dos conteúdos deste periódico. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Diretório

Membros do Centro Editorial do ITEGAM – Journal of Engineering and Technology for Industry Applications (ITEGAM-JETIA) do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) – Manaus/Amazonas/Brasil.

Tereza Rodrigues Felipe, Diretor – Presidente

Jandecy Cabral Leite, Coordenador Editorial

Elcimar Souza Correa, Assistente Editorial

Orlewilson Alysson Figueiras da Silva, Diagramador Gráfico Editorial

Rildo de Mendonça Nogueira, Assistente de Tecnologia da Informação



SUMÁRIO

<i>Loss of product (cryogenic liquid) for filling of cars - tanks: production of liquid</i>	04
<i>Andrea da Silva Torrinha, Maria Socorro Frutuoso de Oliveira, Megue Pinheiro Guedes, Jandecy Cabral Leite</i>	
<i>Analysis of quality hdmi connector component welding in mother board laptop</i>	10
<i>Antônio da Silva Vieira, Robson Marques Costa, Cristiano Mourão Fonseca, Carlos Alberto de Oliveira Freitas, Roberto Tetsuo Fujiyama</i>	
<i>Application of renewable energy sources in hospital services</i>	17
<i>Carlos Alberto de León Benítez, Ernesto Santiago Garmendia López</i>	
<i>Procedures for risk assessment of critical slant prevention ergonomic work stations: a case study</i>	22
<i>Jandecy Cabral Leite, Getúlio Lima de Queiroz, Jorge de Almeida Brito Junior, Enily Vieira do Nascimento, Marcello Fonseca Pires</i>	
<i>Motion for a product to collect a sample of human stool and/or urine KITLAB</i>	38
<i>Cláudio Márcio Bizantino de Melo, Jandecy Cabral Leite</i>	
<i>Naive Bayes applied impacts harmonic analysis in industrial electrical systems</i>	45
<i>Waterloo Ferreira da Silva, Rildo de Mendonça Nogueira, Anderson Castro, Ádamo L. Santana, Maria Emília de Lima Tostes</i>	
<i>Two solutions for the processing of ambulatory electrocardiogram</i>	55
<i>Carlos R. Vázquez Seisdedos, João Evangelista Neto, Alexander A. Suárez León, Roberto C. Limão de Oliveira</i>	
<i>Matrix polyester composite strengthened by munguba fiber (pseudobombax munguba) Amazon</i>	62
<i>Raimundo V. P. Lopes, Jandecy C. Leite, Roberto Tetsuo Fujiyama, Marcus R. B. Afonso, Eleodoro R. Hermenegildo</i>	
<i>Industrial Multivariate Explorer: A solution with Matlab for time series mining</i>	69
<i>Luis Vázquez Seisdedos, Alvaro Aguilera Castillo, David Diaz Martinez, Rolando Ramis Rosales, Jose Manuel Rodriguez Perez</i>	
<i>Proposal of Smart Grids in communities of Amazonas State</i>	76
<i>Lívia Guimarães Maciel, Israel Francisco Benitez Pina</i>	



Loss of product (cryogenic liquid) for filling of cars - tanks: production of liquid

Andrea da Silva Torrinha¹, Maria Socorro Frutuoso de Oliveira¹, Megue Pinheiro Guedes¹, Jandecy Cabral Leite²
a.torrinha@gmail.com, maria_h_nay@hotmail.com, mguedes005@gmail.com, jandec.ycabral@itegam.org.br

¹Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Av. Joaquim Nabuco, 1469, Centro. Manaus-Amazonas-Brasil. CEP: 69005-290.
Fone: +55 (92) 3212 5000.

²Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, 1990. Manaus-Amazonas- Brasil.
CEP: 69.020-031. Fone: +55(92) 3584 6145/+55 (92) 3248 2646.

ABSTRACT

The transport of cryogenic products ensues through tank cars occurring product loss during filling thereof, either differential pressure or through cryogenic pump. The aim of the paper is to analyze the means used today for such a task, checking the possible alternatives to be implemented to remedy the problem. The methods and techniques were used in the research field, a questionnaire and existing research subsidies (manuals, reports, procedures). The results were proof of how much this can affect the supply of gas to the Brazilian market, which involved hospitals, universities, clinics and industries are because this segment is heavily involved in the growth of the economy.

Keywords: cryogenic liquids, tank cars, filling.

Pérdida de producto (líquido criogénico) para el relleno de coches - tanques: producción de líquidos

RESUMO

O transporte de produtos criogênicos através de sucessivas perdas petroleiros produto ocorre durante o preenchimento dos mesmos, seja por diferencial de pressão ou através de bomba criogênica. O objetivo deste artigo é analisar os métodos utilizados atualmente para tal tarefa, verificando as possíveis alternativas a ser tomadas para corrigir o problema. Os métodos e técnicas utilizadas no campo de pesquisa, um questionário e bolsas de investigação existentes (manuais, relatórios, procedimentos). Os resultados são a prova do quanto isso pode afetar o fornecimento de gás para o mercado brasileiro, que envolveu hospitais, universidades, clínicas e indústria são, porque este segmento está fortemente envolvido no crescimento da economia.

Palavras-chave: criogênico, enchimento de carros, tanque de líquido.

1. INTRODUÇÃO

A perda dos produtos oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂) se dá em alguns momentos do processo de enchimento de carretas quando os líquidos LO₂ e LN₂ encontram-se a temperaturas baixíssimas (cerca de -186° C para o oxigênio e -190° C para o nitrogênio). Este processo de enchimento provoca o aumento de

temperatura destes líquidos, fazendo com que estes evaporem e voltem ao estado de gás. Vários tipos de permutadores de calor têm sido usados em tecnologia criogênica através de seu século mais de uma longa história. Em geral a seleção da geometria depende da aplicação. A decisão deve considerar a pressão de operação, as taxas de fluxo de massa, o dever de calor total, bem

como, custos de operação e de investimento [2] (BARRON, 2000).

A escolha do tema justifica-se pelo abundante uso dos produtos pela sociedade, o oxigênio em forma de gás, por exemplo, é muito utilizado em hospitais e no processo de fundição de vários metais e o nitrogênio líquido é muito útil para criogenização, resfriamento e inertização em outros processos laboratoriais e fabris. Hoje vasos criogênicos são amplamente utilizados em muitos campos com o rápido desenvolvimento de armazenamento e transporte criogênico, especialmente nas máquinas, na indústria química, eletrônica e áreas de medicina para substituir os cilindros de gás de alta pressão. Desde vazamento de calor é inevitável para recipientes criogênicos de ambiente para o vaso interior, tubo de apoio, bem como o espaço com isolamento térmico, vaporização do líquido criogênico ocorre continuamente. Liberação de calor varia dependendo de muitos fatores, tais como o projeto e o volume dos recipientes, o isolamento térmico, e a temperatura ambiente [2] (KHEMIS, 2004).

A pesquisa contribui para minimizar a perda de produtos no processo de enchimento dos carros-tanques, considerando que uma estimativa precisa da quantidade de líquidos em tanques criogênicos, é importante para a otimização da entrega. Problemática esta relacionada com o comportamento térmico de líquido e de gás no interior do vaso criogênico. Especificamente, aferição de massa no interior de tanques criogênicos [3] (YU, 1976).

Sendo assim, diante do problema apresentado, questiona-se: O que fazer para que não ocorra desperdício de gases no processo de enchimento de carros-tanques?

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1A criogenia e sua matéria – prima

A criogenia trata da produção e dos efeitos decorrentes de temperaturas muito baixas. Esta palavra foi usada pela primeira vez pelo professor Kamerlingh Onnes, da Universidade de Leiden, na Holanda [4] (SCURLOCK, 1993), para o mesmo autor menciona a palavra para se referir a liquefação de gases como oxigênio, nitrogênio, hidrogênio e hélio. O termo criogenia tem sido usado para falar de temperaturas abaixo de -150 C [5].

Os gases permanentes comuns (oxigênio e nitrogênio) sofre mudança de gás para líquido à pressão atmosférica às temperaturas, o chamado ponto de ebulição normal (NBP). Tais líquidos são conhecidos como líquidos criogênicos ou criogênicos [6][7].

A criogenia vem do grego (*crio gen*) que significa gerar ar frio. Sendo definida, como a produção e utilização intensiva de temperatura baixa ou fria, que é alcançado por gases quando estão na sua forma líquida. Formada precisamente por oxigênio e nitrogênio, a matéria-prima para a criogenia é retirada do ar atmosférico [8][9][10] (TRINDADE, 2003).

2.2 Perda de produto em m³ e R\$

Uma das causas de maior perda de produto no processo de liquefação dos gases do ar se dá no processo de enchimento de

carros-tanques. Isso acontece devido à mudança de temperaturas durante esta etapa.

Primeiramente os gases do ar se liquefazem a baixíssimas temperaturas e pressões, uma pressão de menos que 1atm (pressão atmosférica). Solicitados os produtos pelos clientes, acontece o enchimento dos carros-tanque, estes produtos serão transportados através de tubulações isoladas termicamente, onde a mesma encontra-se com temperaturas mais elevadas que as do produto, com isso o líquido criogênico troca calor com essas estruturas e tende a voltar ao seu estado natural na forma de gás. Da saída do tanque até a entrada da bomba (sucção) de enchimento ocorre um acúmulo de gás que deve ser expurgado, é a chamada “escorva” da bomba, como não existe apenas gás durante este procedimento uma quantidade razoável de líquido criogênico também é desperdiçada. Quando todo gás é retirado da linha de enchimento entre tanque e entrada da bomba dá-se início a transferência do produto até o carro tanque.

Outro ponto relevante é o controle da abertura da saída de vapor do interior do carro-tanque, pois quando o líquido criogênico adentra o tanque horizontal da carreta, também encontra temperaturas mais elevadas e pressões maiores que o fazem voltar ao seu estado gaseificado, e desse modo, a pressão interna do tanque horizontal aumenta exponencialmente chegando ao ponto de ser maior do que a pressão de descarga da bomba de enchimento, ocasionando o desligamento automático desta devido à alta pressão, e para evitar que isto ocorra se faz necessário o alívio de pressão através da abertura de uma válvula específica denominada “vent”, porém a abertura desta deve servir de equilíbrio de pressões entre a bomba de enchimento e tanque horizontal da carreta, ou seja, manter um diferencial de pressão ideal para que a bomba não desarme e nem jogue fora produto, uma vez que o liberado através do *vent* também é produto que se estivesse no interior do tanque da carreta estaria na forma líquida.

Em termos de volume de líquido durante o enchimento observou-se que cerca de 8% a 10% do produto que sai do tanque criogênico se perde e que é notado somente quando se faz a pesagem final do carro-tanque já cheio [11]. Segue demonstrativo:

Perdas de produtos 1º semestre de 2013 - Oxigênio (O₂) e Nitrogênio (N₂)

Tabela 1- Perdas em m³ no 1º semestre de 2013.

PERÍODO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
PERDAS O ₂ (M ³)	63.795	63.506	28.082	70.265	84.694	71.749
PERDAS N ₂ (M ³)	96.273	71.915	65.233	81.436	81.765	79.985
PERDA TOTAL O ₂ - N ₂	160.068	135.421	93.315	151.701	166.459	151.734

2.3 Alternativas para resolução do problema

Fazendo-se um acompanhamento do problema das perdas em si de produto pode-se notar que elas se dividem em momentos distintos:

- Perdas por troca de calor das tubulações (resfriamento da bomba e partida inicial da bomba)

• Perdas por aumento da pressão do interior do carro-tanque (enchimento).

Para a primeira situação, foi verificado que as temperaturas externas exercem grande influência nas perdas de produto, sendo assim sugere-se que o isolamento térmico existente hoje, possa ter uma eficiência maior, se a sua espessura for aumentada ou se for colocado outro material isolante (térmico), garantindo um mínimo de trocas de calor.

Para o segundo ponto, podemos averiguar que se faz necessário o treinamento mais dirigido ao uso da bomba de enchimento para os responsáveis envolvidos no manuseio da referida bomba para que possam entender melhor seu funcionamento e assim evitar que haja um grande diferencial de pressão desnecessário durante o enchimento das carretas de transporte de produto.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Na apuração de informações para a pesquisa foi inicialmente realizado entrevistas com os funcionários envolvidos com o tema através de uma ficha que constam itens relacionados à problemática. No questionário, funcionários descreveram suas atividades, bem como relataram os problemas em que ocorre a perda de produto. A pesquisa é sempre uma versão de um não saber ou não compreender algo que o pesquisador acha que eles deveriam saber ou entender melhor [12] (TEIXEIRA, 2012).

A importância dessa matéria prima para as empresas que a utilizam se faz relevante a abordagem do assunto, pois o desperdício desses produtos reflete tanto na lucratividade da empresa como no meio ambiente.

A ficha de entrevista desta ação-problema abordando que o profissional vivencia quando executa tal atividade também incentivando para que o mesmo enfatize as suas sugestões para que o problema seja sanado. Outra fonte de dados foi retirada de documentos de controle do processo de enchimento tais como: relatórios de produção, onde estão as planilhas de controle do que foi produzido, da quantidade que tem em estoque, de horas de planta parada, quantidade de saída etc. Para obtenção de dados podem ser utilizados três procedimentos: pesquisas documentais, pesquisa bibliográfica e contato direto [13] (LAKATOS, 2010a).

De acordo com as entrevistas realizadas notou-se nitidamente o quanto os colaboradores estão cientes das perdas existentes tanto na escorva da bomba como também quando o enchimento ocorre, porém não há um questionamento mais aprofundado devido à falta de informações para com estes. Toda pesquisa envolve o levantamento de dados de variadas fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas empregadas. Os dois processos pelo quais se podem obter os dados são a documentação direta e a indireta [14] (LAKATOS, 2010b).

4. RESULTADOS ANÁLISE E DISCUSSÕES

4.1 Perfil da empresa

A WM Gases Industriais Amazônia é uma das maiores empresas de gases industriais e medicinais da América do Sul.

Integra o Polo Industrial de Manaus (PIM) e seu portfólio de produtos inclui gases atmosféricos (oxigênio e nitrogênio), utilizados por indústrias e hospitais, oferecendo produtos com qualidade [15].

4.2 Levantamentos de dados

No estudo de caso abordado, verificou-se que após o processo de pré-enchimento dos carros-tanques (pesagem inicial; posicionamento na baia de enchimento; despressurização do carro; conexão das mangueiras de análise e enchimento; purga das mangueiras de enchimento e análise), nota-se uma perda significativa de produto nos seguintes momentos do processo: resfriamento de bomba, partida inicial da bomba e enchimento propriamente dito.

4.3 Resfriamento da Bomba

Antes de pôr em funcionamento as bombas centrífugas, é necessário realizar o escorvamento [16][17].

A figura 1A mostra o funcionamento da bomba de enchimento, onde é feita a verificação do material presente no tubo. A figura 1B mostra a primeira perda de produto, pois para ocorrer o resfriamento, se faz necessária a escorva da mesma, ou seja, retirada de gás na tubulação de enchimento.



Figura 1A – Bomba Industrial.



Figura 1B – Resfriamento da Bomba.

O gás presente nos tubos será expelido do sistema de enchimento (tubulação), através do vaporizador, como exposto na Figura 2. Em virtude de não se poder ter nada além de líquido criogênico em seu interior, uma vez que o referido procedimento é a garantia de abastecimento correto. Utiliza-se produto para realização desta manobra e o mesmo terá esta finalidade até a bomba atingir a temperatura de -130°C . Perda aproximadamente de 700m^3 de gás.



Figura 2. Vaporizador.

4.4 Partida inicial da bomba

Para o início do processo de enchimento do carro-tanque é necessário que a *pressão* esteja abaixo da pressão de descarga da bomba em um diferencial de cerca de 4 kg entre bomba de enchimento e carro-tanque, com isso uma quantidade razoável de produto se perde, pois é *expurgado* de dentro do carro-tanque em forma de gás (anteriormente líquido) até que a pressão do interior do carro-tanque esteja com diferencial equilibrado para que a bomba não venha a cair.

4.5 Enchimento do carro tanque

A figura 3 mostra que durante o enchimento do carro-tanque deve-se liberar a pressão interna do carro através de uma saída de gás denominada “Vent”, porém se não for realizado o controle desta pressão ocorre à queda (desligamento) de a bomba devida esta apresentar-se demasiadamente baixa, quebrando assim a *escorva* anteriormente preparada durante o seu resfriamento.



Figura 3. Enchimento de carro-tanque.

4.6 Análise, resultados e discussões

Diante da análise dos dados coletados para realização do estudo de caso, verificou-se que existem perdas significativas de produto, onde a empresa em questão deixou de ganhar o valor de R\$ 764.876,76 durante o ano de 2013. Os resultados encontrados estão representados nas Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 retratam o quadro de produção dos líquidos oxigênio e nitrogênio, em M^3 e em R\$.

4.6.1 Comparativo semestral de produção de oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2)

O gráfico da figura 4 mostra que no 1º semestre de 2013 foi produzido o montante equivalente a $5.963,939 \text{ m}^3$ dos gases oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2). Do total produzido, o gás O_2 supera a produção do gás N_2 todos os meses do semestre, tendo sua produção total em $3.741,387 \text{ m}^3$. A maior produção deste semestre aconteceu no mês de Junho, onde o total produzido por ambos foi de $1.067,409 \text{ m}^3$, sendo 720.066 m^3 , somente de O_2 .

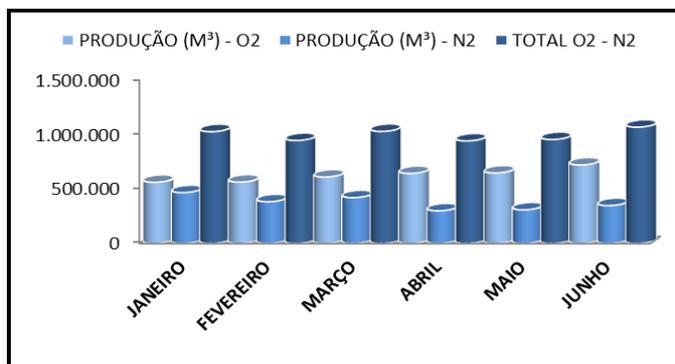


Figura 4. Produção O_2 e N_2 líquido (m^3) - 1º semestre de 2013.

O gráfico da figura 5 mostra no 2º semestre, a somatória produzida pelos dois gases superou a produção do 1º semestre, totalizando $6.027,129 \text{ m}^3$. É notória também, a permanência de maior produção do O_2 sobre o N_2 , onde verificamos que a produção total de O_2 aconteceu no mês de Outubro com 793.092 m^3 . A maior produção mensal deste semestre se deu no mês de Agosto com $1.192,740 \text{ m}^3$ produzidos.

No comparativo semestral, nota-se que a o 2º semestre foi o período de maior produção de gases.

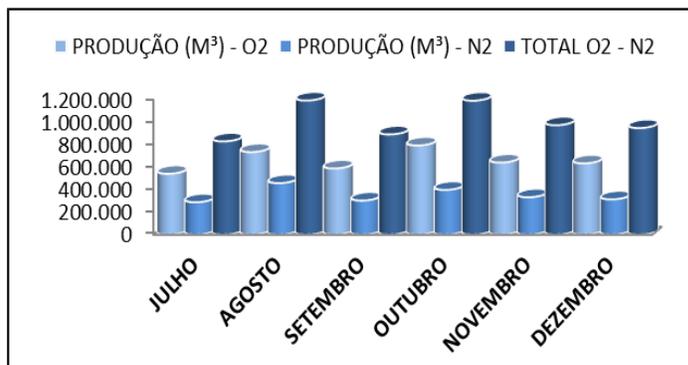


Figura 5. Produção O_2 e N_2 líquido (m^3) - 2º semestre de 2013.

4.6.2 Comparativo semestral de perdas de produto em m³ de oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂)

A Figura 6 mostra que o 1º semestre verificou-se perda significativa em m³ dos produtos O₂ e N₂ onde totalizaram 858.698 m³. Verificou-se que a maior perda se deu no mês de Maio com 166.459 m³ perdidos. Nota-se também que o gás N₂ é o mais desperdiçado, somando 476.607 m³ durante o semestre.

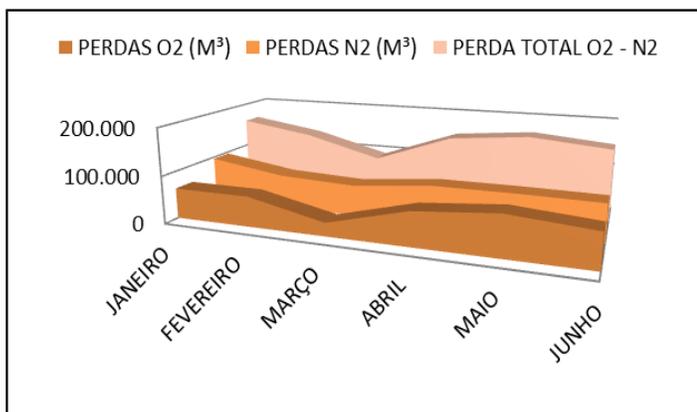


Figura 6. Perda mensal de O₂ e N₂ líquidos m³ – 1º Semestre de 2013.

Para o 2º semestre, demonstrado na figura 7 a maior perda total dos gases foi calculada em 833.519 m³, onde a maior perda mensal ocorreu no mês de Agosto com 151.701 m³ desperdiçados. O N₂ continua sendo o gás que tem maior índice de perdas, totalizando durante o período 425.820 m³ de produto jogado fora. No comparativo semestral, nota-se que a maior perda em m³ se deu no 1º semestre de 2013.

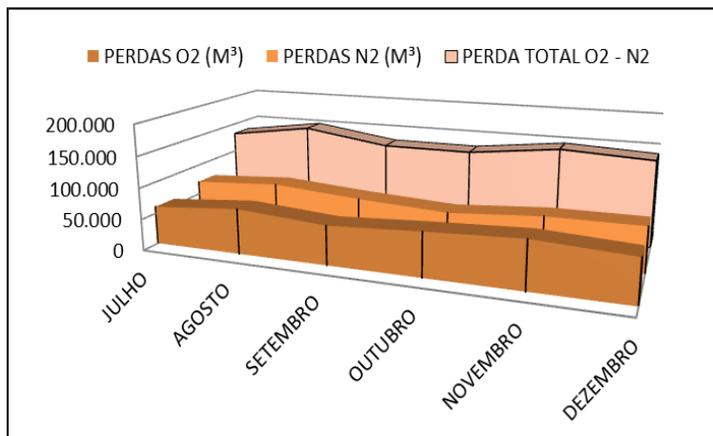


Figura 7. Perda mensal de O₂ e N₂ líquidos - m³- 2º semestre de 2013.

4.6.3 Comparativo semestral de perdas de produto em R\$

O gráfico da figura 8 mostra que durante o 1º semestre de 2013, a perda em valor dos produtos O₂ e N₂, somou o equivalente a R\$ 389.249,58. Verificou-se também, que no mês

de Maio ocorreu a maior perda do período, o montante de R\$ 74.818,68. O gás N₂ foi o que apresentou a maior perda, somando o valor de R\$ 228.771,36.

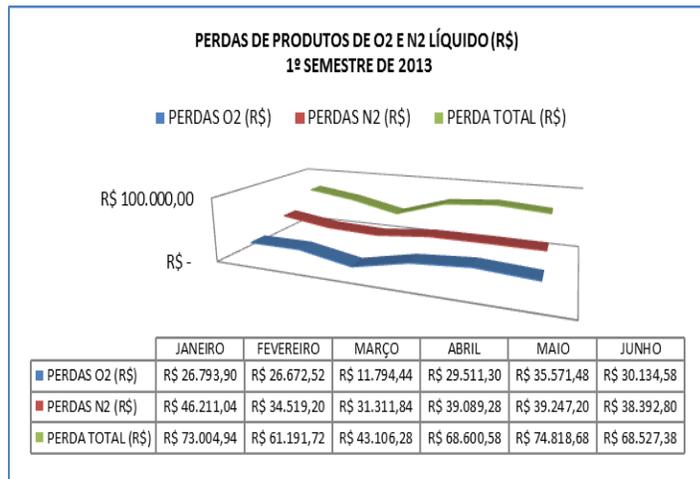


Figura 8. Perdas de produtos de O₂ e N₂ líquidos (R\$) 1º semestre de 2013.

Para o 2º semestre, o gráfico da figura 9 mostra a perda total em valor para os gases totalizou a soma de R\$ 375.627,18. Notou-se que a maior perda mensal foi identificada no mês de Agosto, com o valor de R\$ 68.495,46. O gás N₂ continua com maior índice de perdas no semestre, com o valor de R\$ 204.393,60.

Mediante comparativo entre os semestres, nota-se que a maior perda se deu no 1º semestre de 2013. É importante ressaltar que os produtos possuem preços de mercado diferentes, onde o oxigênio é vendido a 0,42 o m³ e o nitrogênio tem o valor de 0,48 o m³.

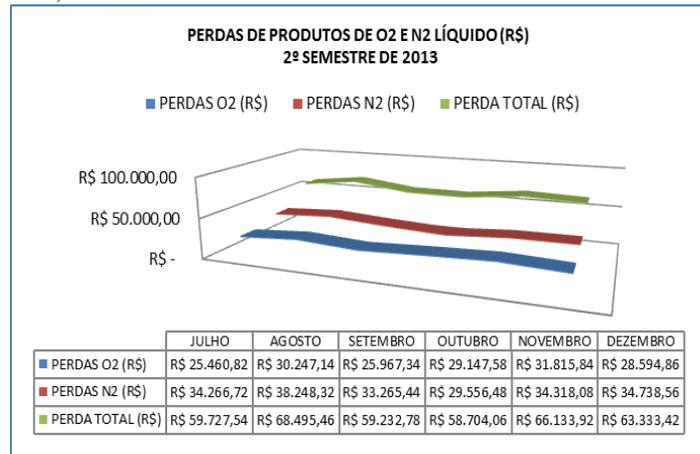


Figura 9. Perdas de produto O₂ e N₂ líquido (R\$) 2º semestre de 2013.

5. CONCLUSÕES

Após, realizada toda a pesquisa e estudos referentes à perda de líquido criogênico durante o enchimento de carretas que atendem os clientes, podemos observar que o controle destas

perdas decorre de uma série de fatores que vão desde físicos (troca de calor) até relacionados ao treinamento dos colaboradores envolvidos, desse modo, compreende-se que o sistema de enchimento adotado fica muito preso a falhas que por sinal geram grandes diferenças quando são totalizadas ao final de cada atividade. Os colaboradores por sinal se demonstram conscientes de tais perdas, mas que por falta de mais informações se retraem em dar alguma alternativa na solução da questão.

Uma resposta a esses questionamentos seria o investimento em equipamentos mais apropriados que não precisassem de tantos cuidados e também em treinamento aos colaboradores afim de que estes possam durante a atividade de enchimento saber como melhor solucionar qualquer eventualidade que possa ocorrer. Apesar da complexidade desse modelo produtivo é uma atividade lucrativa, pois atende uma grande gama de atividades relacionadas.

6. Agradecimentos

Ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE), pelo apoio a realização desta pesquisa.

7. Referências Bibliográficas

- [1] Azevedo Netto, J.M.; Fernandes, M.F.; Araújo, R.de; Ito, A.E. **Manual de hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blücker, 1998. 670 p.
- [2] O. Khemis, R. Bessaih, M. Ait Ali, M.X. Francois. **Measurement of heat transfers in cryogenic tank with several configurations**. Appl Therm Eng, 24 (14–15) (2004), pp. 2233–2241.
- [3] Yu, P.D. **Thermostating of cryogenic vessels with stored liquid vapour**. Cryogenics 16 (4), p. 225–230. 1976.
- [4] Scurlock, Ralph G., ed. (1993). **História e as origens de Criogenia**. Oxford, Clarendon Press.
- [5] **Criogênica Society of America, Cold Facts Newsletter**, disponível a partir de www.cryogenicsociety.org. CPAPMAX. Disponível em https://www.oxigenio.com/oxi/dbc/educacional_oxigenio.htm. Acesso em: 25 abril 2014.
- [6] Barron, Randall. **Sistemas criogênicos**. Oxford, Oxford Press. 1985.
- [7] Bianchi, José Carlos de Azambuja, Albrecht, Carlos Henrique, Maia, Daltamir Justino. **Universo da química**: volume único. São Paulo: FTD, 2005.
- [8] Dalpiaz, Lucas de Medeiros. **Análise do fornecimento dos produtos da destilação criogênica do ar**. Monografia. Porto Alegre, 2010.
- [9] Scurlock, Ralph G., ed. (1993). **História e as origens de Criogenia**. Oxford, Clarendon Press.
- [10] Trindade, Iris da Silva. **Proposição de Controle Metroológico na Medição de Líquidos Criogênicos**. Dissertação de Mestrado-Centro Técnico Científico da PUC. Rio de Janeiro, Julho de 2003.
- [11] R.F. Barron. **Cryogenic technology. Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry**. Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA (2000).
- [12] Teixeira, Elizabeth. **As três metodologias: acadêmica, da ciência e da pesquisa**. 9ª ed. Petrópolis, RJ Vozes, 2012.
- [13] Lakatos, Eva Maria, Marconi, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas 2010a.
- [14] _____, Eva Maria, Marconi, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7. ed. 5.reimpr. São Paulo: Atlas 2010b. National Institute of Standards and Technology. Disponível em <http://www.nist.gov/mml/acmd/cryogenics/aboutcryogenics.cfm>. Acesso em: 20 abril 2014.
- [15] **Polo Industrial de Manaus**. Disponível em http://www.suframa.gov.br/publicacoes/site_pim/quimico.htm. Acesso em: 20 abril 2014.
- [16] Shachtman, Tom. **Absolute Zero e da conquista de Fria**. Boston, Houghton Mifflin Company. 1999.
- [17] Weisend, John G. II, ed. (1998). **Manual de Engenharia criogênica**. Filadélfia, Taylor e Francis.



Analysis of quality HDMI connector component welding in Mother Board Laptop

Antônio da Silva Vieira¹, Robson Marques Costa¹, Cristiano Mourão Fonseca¹, Carlos Alberto de Oliveira Freitas², Roberto Tetsuo Fujiyama¹

¹Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial-PPGEI/Universidade Federal do Pará-UFPA. Rua Augusto Correa 01
Guamá. Belém – Pará - Brasil.

²Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica -PPGEE/Universidade Federal do Pará-UFPA. Rua Augusto Correa 01
Guamá. Belém – Pará - Brasil.

Email:¹adasilvavieira@gmail.com,¹robson_m_costa@hotmail.com²,cristianomourao@yahoo.com.br, caofreitas@yahoo.com.br,
fujiyama@ufpa.br.

ABSTRACT

The paper aims to assess the quality of HDMI connector component of welding in the welding process laptop printed circuit board meeting the eligibility criteria related to the filling of the solder barrel to pin through-hole components terminals as specified in international standard IPC-A-610D. For the development of the stages of research, it adopted the PDCA method, used for troubles hooting and application of continuous improvement, commonly used by different companies in the industrial segment worldwide. The results presented through analysis by X-RAY and metallographic test *cross section*, showed that the quality of HDMI welding through the automatic welding process by remelting meets the technical specifications of the standard of acceptability. Thus, left to perform the welding of this type of component in the manual process, passing it to weld using SMT technology.

Keywords: Quality, Welding Remelting, HDMI, IPC-A-610D and PCI.

Análise da qualidade da soldagem do componente conector HDMI Mother Board Laptop

RESUMO

O objetivo do artigo é avaliar a qualidade da soldagem do componente conector HDMI no processo de soldagem de Placas de Circuito Impresso de Laptop atendendo os critérios de aceitabilidade relacionados ao enchimento do barril de solda para terminais de componentes *Pin Through-Hole* conforme especificado na norma internacional IPC-A-610D. Para o desenvolvimento das etapas da pesquisa, adotou-se o método PDCA, utilizada para resolução de problemas e aplicação da melhoria contínua, comumente usada por diversas empresas do seguimento industrial em todo o mundo. Os resultados apresentados através de análise por raios-X e ensaio metalográfico de *cross section*, demonstraram que a qualidade da soldagem do HDMI através do processo automático de soldagem por refusão atende às especificações técnicas de aceitabilidade da norma. Deste modo, deixou de realizar a soldagem deste tipo de componente pelo processo manual, passando-o para a soldagem utilizando a Tecnologia SMT.

Palavras - chave: Qualidade, Soldagem por refusão, HDMI, IPC-A-610D e PCI.

1. INTRODUÇÃO

As transformações recorrentes nos processos de manufatura de produtos de informática nos últimos anos, têm se mostrado cada vez mais dinâmicas, tornando imprescindível o aperfeiçoamento contínuo por parte das indústrias deste segmento, as quais adotam diferentes metodologias e técnicas de abordagens através da implantação de programas de melhorias nos processos de soldagem de Placas de Circuito Impresso (PCI).

Dentro deste contexto, destaca-se o componente conector High Definition Multimedia Interface (HDMI), que utiliza um sistema de conexão de alta tecnologia capaz de transmitir áudio e vídeo através de um único cabo, e que é de grande utilidade pelos usuários para transmissão de dados em alta definição. Anterior a esta tecnologia, cada tipo de transmissão possuía cabos e entradas exclusivas nos aparelhos. É atualmente o melhor e mais usado para transmissão de áudio e vídeo digital. Permite, por

exemplo, exibir imagens de alta definição de um notebook para um televisor LED ou projetor de imagens.

No processo de soldagem deste componente em um modelo de laptop, foi identificado um problema de ordem técnica, ou seja, o processo de soldagem não atendia os critérios internacionais de soldabilidade relacionado ao enchimento do barril de solda para os terminais do componente Pin Through-Hole (PTH). Tal item tecnológico é amplamente demandando no mercado nacional e internacional, não devendo apresentar anormalidade que por ventura acarrete insatisfação por parte do consumidor final. No entanto, no processo fabril de laptops, ainda ocorrem muitos problemas relacionados á soldagem de componentes eletrônicos; desta forma, a qualidade e a confiabilidade do produto podem estar diretamente comprometidas.

Portanto, com base neste ambiente dinâmico, propõe-se o desenvolvimento de um estudo no processo de soldagem do HDMI em placas de laptop em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM), de tal forma que viabilize uma solução técnica para o problema de soldabilidade. Para realização da pesquisa, estudou-se o processo de soldagem do componente HDMI em três modelos de laptop abrangendo os processos de soldagem automática por refusão através da Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT) e do processo de soldagem manual.

A maioria das ferramentas, abordagens e técnicas utilizadas nos processos de fabricação para solucionar problemas, já é uma realidade nas grandes empresas em todo o mundo por serem de fácil compreensão. Um exemplo é o método Plan, Do, Check e Act (PDCA), ou círculo de Deming, cujo objetivo é a melhoria da qualidade dos processos de fabricação e das atividades que respondam às necessidades da organização, sendo este um esforço contínuo e permanente para atingir melhorias mensuráveis na eficiência, eficácia, desempenho, responsabilidade, resultados e outros indicadores de qualidade [1].

O grande desafio das montadoras de PCI tem sido de garantir a qualidade de seus produtos atendendo os critérios internacionais de aceitabilidade da norma IPC-A-610D, cuja mesma, define padrões de aceitabilidade de qualidade, bem como, assegurar que produtos de alta qualidade sejam oferecidos ao cliente final. É um padrão extensamente utilizado pela indústria que define a aceitabilidade de vários tipos de defeitos de soldagem [2].

Deste modo, para atender esta problemática e buscar soluções para resolver um problema de ordem técnica, tal pesquisa torna-se, relevante para a empresa em estudo e para as demais empresas do segmento de informática, pois alerta para o problema de insuficiência no enchimento do barril de solda em componentes com tecnologia PTH, aplicável para conectores HDMI e, de fácil extensão para outros tipos de conectores utilizados em: laptop, desktop, tablet, smartphone, entre outros produtos de informática.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processo de soldagem por refusão

Após a montagem dos componentes, a PCI é transportada “in line” para um forno de refusão onde se inicia o processo de soldagem. Este processo consiste no aquecimento dos componentes, da placa e no derretimento da pasta de solda até formar uma junta de solda [3]. A soldagem é realizada através de um forno conhecido com forno de refusão, que é comumente usado para sistemas de convecção forçada para médias temperaturas [4]. O forno de refusão aquece a PCI a uma temperatura apropriada, por um período de tempo e taxa de aquecimento adequado através de zonas de aquecimento [5].

Para um processo ideal de soldagem por refusão, é elaborado um perfil térmico em que se definem os parâmetros de temperatura para cada zona do forno. Este perfil é uma curva da temperatura, uma relação do aquecimento da placa em relação ao tempo e controle dos efeitos do aquecimento. As temperaturas das zonas do forno devem ser homogêneas de modo a assegurar uma boa formação da junta de solda entre a ilha de solda da placa e o terminal do componente durante o processo de soldagem.

2.2 Processo de Soldagem Manual de Componentes

A soldagem manual é uma das tarefas mais difíceis no processo de fabricação de produtos de informática e eletroeletrônicos. Neste processo é possível surgir problemas, como: curto de solda, insuficiência de solda, entre outros. Para a operação de soldagem manual, utiliza-se um ferro de solda que é usado para derreter a solda que vem em forma de fio. O ferro de solda, por mais limpo que ele esteja, transmitirá contaminação para a PCI, adicionando impurezas ao estanho aplicado nos terminais do componente durante o processo de soldagem.

2.3 Método PDCA

Em uma planta de processo, os resultados reais de uma ação são em comparação com uma meta ou um ponto do processo a ser resolvido. A diferença entre o planejado e o executado é então medidas corretivas a serem adotadas e para verificar a grande disparidade existente. A natureza repetida ou de kaizen segue esta definição usual de controle e é representado pelo PDCA [6][7]. É também conhecido como o círculo W. E. Deming.

Plan- identificar o problema a ser examinado, formular um problema específico, definir claramente o problema, estabelecer metas mensuráveis e atingíveis, identificar as partes interessadas e desenvolver uma comunicação com todos os envolvidos através de canais de comunicação para obter a aprovação. Do- estabelecer critérios de sucesso experimental, para testar hipóteses, obter a aprovação das partes interessadas e apoio para a solução escolhida e implementar solução. Check- reunir e analisar dados, validar ou não a hipótese. Act - Identificar mudanças sistêmicas e necessidades de formação para a aplicação, plano de monitoramento contínuo da solução e procurar outras oportunidades de melhoria [8]. A figura 1 mostra o ciclo PDCA.

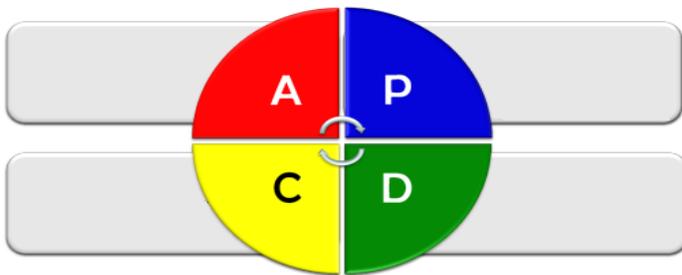


Figura 1. Ciclo PDCA.

2.4 Tecnologia Pin in Paste (PIP)

O processo PIP consiste na aplicação da pasta de solda nos furos da PCI onde são inseridos os terminais passantes dos componentes PTH. O processo é realizado na mesma etapa de impressão da pasta de solda nas ilhas dos componentes SMDs, que por sua vez, são montados através das máquinas Pick & Place, e por fim, são soldados em uma única passagem pelo forno de refusão. Se a disposição do componente PTH não for própria para o processo automático de montagem, ele poderá ser inserido manualmente na PCI [9]. É a substituição dos processos de soldagem manual pelo processo de soldagem automática, denominado soldagem por refusão. Ainda o mesmo autor descreve que para este processo, devem ser consideradas algumas particularidades como: a espessura do stencil, o design para abertura no stencil, as dimensões do furo na PCI para os terminais e as dimensões do terminal do componente.

A figura 2 mostra o princípio da tecnologia Pin in Paste para um componente do tipo PTH.

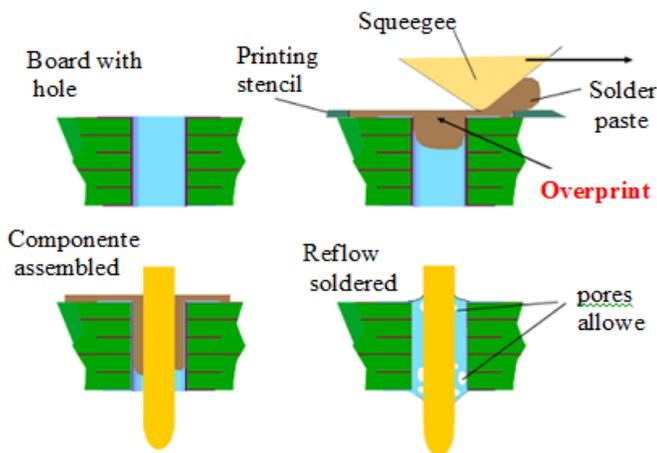


Figura 2. Princípio da tecnologia Pin in Paste [11].

Para o enchimento do barril de solda de um componente do tipo PTH, adotam-se alguns critérios de aceitabilidade estabelecidos na norma internacional IPC-A-610D para as classes 1, 2 e 3 [11]. O enchimento mínimo aceitável é de 75%, considerando um total máximo de 25% de depressão da solda em cima ou embaixo do barril, isso significa que parte da solda

depositada na ilha de solda da PCI não escorre para o furo [12]. A Tabela 1 apresenta estes critérios.

Tabela 1. Critérios de Aceitabilidade de solda para as Classes de PCI's. [12].

Critérios	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Molhagem da circunferência no lado primário	Não especificado	180°	270°
Enchimento vertical de solda	Não especificado	75°	75°
Filete da circunferência e molhagem no lado secundário (lado da fonte de solda) do terminal e poço	270°	270°	270°
Porcentagem de área da ilha coberta com solda molhada no lado primário (lado de destino)	0	0	0
Porcentagem de área da ilha coberta com solda molhada no lado secundário (lado da fonte de solda)	75%	75%	75%

Visto que 75% de solda não represente um enchimento completo do barril (ideal é 100%), no entanto, comprova-se tecnicamente que o componente apresentará uma boa conexão da junta de solda suficiente para garantir uma boa resistência aos esforços mecânicos durante a utilização do componente no aparelho. A Figura 3 mostra o enchimento mínimo aceitável pela IPC-A-610D para o barril de solda de um componente PTH.

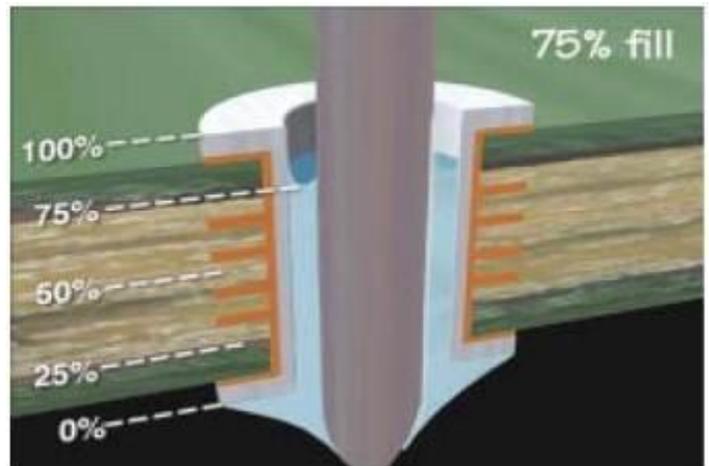


Figura 3. Enchimento de 75% de solda no barril do componente PTH aceitável pela norma IPC-A-610D [12].

2.5 Inspeção por Raio-X

Componentes mais complexos de soldagem têm possibilidades maiores de apresentar defeitos. Como uma técnica não destrutiva, a inspeção por Raio-X pode ser usada sem a necessidade de sacrificar o produto (aparelho), e ao mesmo tempo, ser capaz de identificar as falhas ocultas[13]. De acordo com a IPC-A-610D, alguns defeitos podem ser visualizados através da máquina de Raio-X, como: *solder bridging* e *void*. É considerado defeito se a área de void corresponder mais que 25% da área total da imagem.

A inspeção através do equipamento de Raio-X 2D ou 3D, é possível avaliar a confiabilidade dos processos de soldagem por refusão, soldagem por onda de solda e soldagem manual; o que o torna este equipamento extremamente importante e indispensável para o processo de análise da qualidade da soldagem de PCI.

2. 6 Análise Metalográfica de Cross Section

Análise microseccional ou análise de *cross section* (corte transversal) continua sendo o meio amplamente mais aceito e eficaz na avaliação da caracterização microestrutural de um material. Este ensaio é utilizado para confirmar a presença de falha da junta de solda [14]. O ensaio de cross section é um dos mais úteis métodos de análise metalográfica e, que pode revelar muito mais informações sobre a qualidade e composição de uma junta de solda do que uma simples análise de superfície. As áreas de investigação para análise metalográfica na eletrônica, incluem: rachaduras (cracks), vazios (voids), microestrutura, dimensões, defeitos de chapeamento, molhagem da solda (wetting), corrosão, PCI, composição, solda e geometria [15].

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente artigo buscou de forma prática, “*in loco*”, avaliar o problema da pesquisa em questão, aplicando o método PDCA e com o auxílio do Diagrama de Causas e Efeito (Ishikawa). Tendo como base esses conceitos, avaliou-se a possibilidade de utilizar a ferramenta 5W2H para coletar as informações, organizar as tarefas apontadas como relevantes, elaborar o plano de ações corretivas e propor melhorias. Utilizar o diagrama de Ishikawa para analisar as possíveis causas do problema, bem como, identificar a causa raiz; porque trata-se de uma necessidade imediata do processo produtivo e, sobretudo, de interesse real da empresa em estudo.

4. MATERIAIS E APLICAÇÃO.

A pesquisa foi desenvolvida durante 90 dias no processo fabricação de mother board para laptops, abrangendo o processo de soldagem automática por refusão e processo de soldagem manual do componente conector HDMI. O estudo foi aplicado em três modelos de laptop. Para uma fácil compreensão, serão chamados de: Mother Board 1, para o primeiro modelo de laptop, Mother Board 2, para o segundo modelo de laptop e Mother Board 3, para o terceiro modelo de laptop ou MB1, MB2/MB3. A Figura 4 mostra os modelos dos laptops.

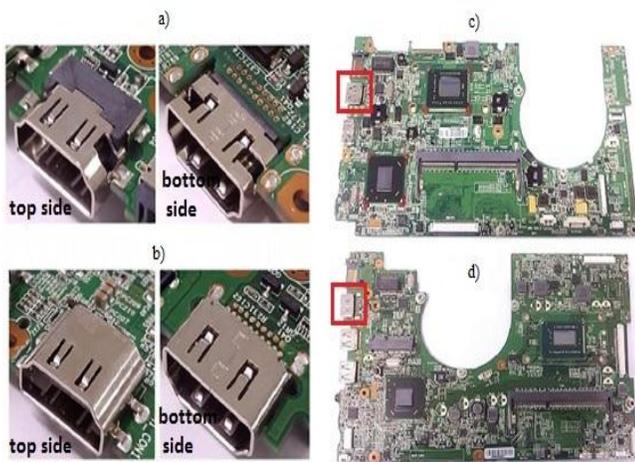


Figura 4. a) HDMI soldado na PCI modelo MB1(c); b) HDMI soldado na PCI modelos MB2/MB3 (d).

4.1 Aplicação do ciclo PDCA na pesquisa

Para o desenvolvimento do ciclo PDCA, a pesquisa foi realizada em várias etapas:

4.1.1 Identificação do Problema da Pesquisa

A empresa em estudo segue a metodologia amostral de teste de cliente final chamada Out of Box (OOB) com definição da amostra baseada na NBR 5426. Esta Norma estabelece planos de amostragem e procedimentos para inspeção por atributos. Em uma das amostras OOB dos modelos MB1, MB2 e MB3, foi evidenciado um problema de “Sem video no Monitor HDMI” durante o teste funcional do aparelho. A causa deste problema estava relacionada a um “curto de solda no componente HDMI”. O fato importante evidenciado na amostragem OOB, foi que durante a investigação da causa do problema, detectou-se através de avaliação pelo equipamento de Raio-X que existia uma não-conformidade no enchimento do barril de solda do HDMI, ou seja, não atendia a especificação da Norma IPC-A-610D.

4.1.2 Observação e Análise do Problema

Para efeito de simplificação, chamaremos de **cenário 1**, a situação inicial do processo de soldagem do HDMI. Os procedimentos padrão para a realização da operação de soldagem são definidos por uma empresa chinesa, fornecedora de insumos. A soldagem era realizada manual pelos operadores de solda, utilizando: um dispositivo para soldagem, uma estação de solda em fio.

A partir da evidência do problema durante a avaliação na amostragem, foi realizada uma análise mais profunda da qualidade da soldagem através do equipamento de Raio-X, em seguida, um ensaio metalográfico de *cross section*, onde foi possível detectar um problema de ordem técnica de insuficiência de solda no enchimento do barril dos terminais do componente. A Figura 5 mostra o resultado da análise por raio-x para os modelos MB1, MB2/MB3.

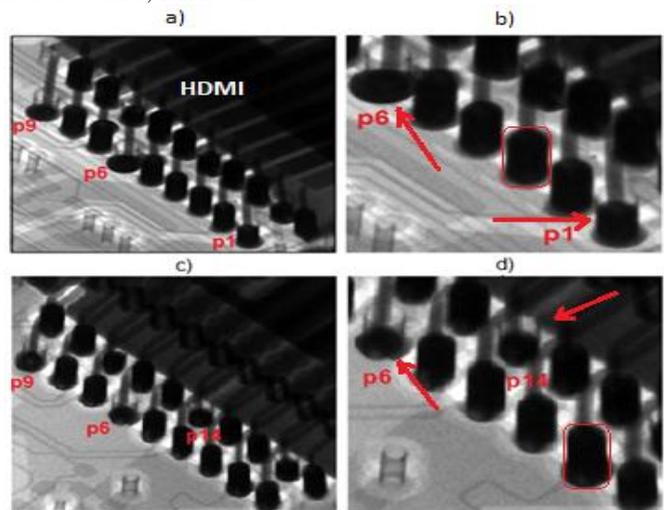


Figura 5. Raio-X do conector HDMI apresentando insuficiência de solda no barril. a) e b) modelo laptop MB1; c) e d) modelos laptop MB2/MB3.

Conforme mostrado na Figura 5, o resultado da análise de raio X, após HDMI ter sido soldado no processo manual (cenário1), apresentou insuficiência de solda no barril dos terminais (p1) e (p6) no modelo MB1, e (p6) e (p14) nos modelos MB2/MB3, ou seja, houve enchimento de solda < 75%, portanto, não atende o critério de aceitabilidade pela IPC-A-610D.

O ensaio metalográfico de *cross section* foi realizado somente no modelo laptop MB1, porque o *package* do HDMI usado nos três modelos era muito semelhante, conforme mostrado na figura 4, logo, não houve necessidade em realizar o ensaio metalográfico para os modelos MB2/MB3. Os resultados também evidenciaram o problema de ordem técnica de insuficiência de solda, como mostra a figura 6.

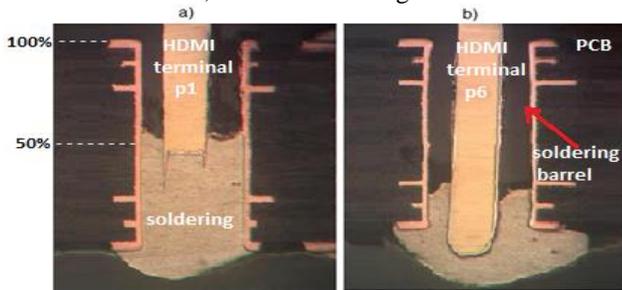


Figura 6. *Cross section* do conector HDMI modelo laptop MB1 apresentando insuficiência de solda no barril. a) terminal (p1) e b) terminal (p6). (50x).

Conforme mostrado na Figura 6, o resultado do ensaio metalográfico de *cross section* do HDMI após soldado no processo manual (cenário1), apresentou insuficiência de solda no barril dos terminais (p1) e (p6), ou seja, o enchimento do barril ficou < 75%, portanto, fora da aceitabilidade da IPC-A-610D.

Diante do cenário apresentado nas figuras 5 e 6, foi elaborado um Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido mundialmente como diagrama de (Ishikawa) para analisar e avaliar as possíveis causas do problema. A Figura 7 mostra o Diagrama em questão.

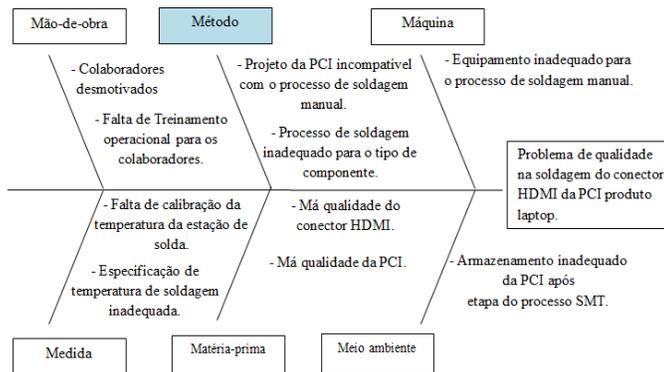


Figura 7. Diagrama de Causas e Efeito.

A **guia método** foi apontada como a causa raiz do problema, pelas seguintes razões: 1 - Avaliando o histórico de outros modelos de laptop, constatou-se que a soldagem do HDMI era

realizada pelo processo automática utilizando a tecnologia Pin in Paste, e não existia histórico de problema nestes modelos. 2 – De acordo as informações técnicas do componente, o mesmo apresentava especificações para o processo de soldagem tanto pelo método manual quanto pelo método automático (por refusão). No entanto, na prática, o método de soldagem manual apresentou problemas de ordem técnica, conforme mostrado no cenário 1. As demais possíveis causas apresentadas no diagrama foram avaliadas e concluiu-se que estavam de acordo para o processo de soldagem manual do componente em questão.

4.1.3 Elaboração do Plano de Ação

Após detectado a causa raiz do problema da pesquisa, foi elaborado um plano de ação para implementar a melhoria utilizando a ferramenta de qualidade 5W2H apresentado na tabela 2.

Tabela 2. 5W2H.

(What)	(Why)	(How)	(When)	(Where)	(Who)	(How Much)
Transferir o componente do manual para o processo automático.	Viabilizar a soldagem através das máquinas SMT.	Incluir o componente no programa das máquinas.	A partir de Outubro de 2014	Na fase SMT do processo de fabricação de laptop	Antonio, Robson e equipe de programação de máquinas SMT.	Zero, pois utilizou-se mão-de-obra interna.
Confeção de carriers para atender a nova fase de montagem SMT	Viabilizar a soldagem através de máquinas SMT.	Desenvolver carriers junto ao fornecedor externo especializado.	A partir de Outubro de 2014	Na fase SMT do processo de fabricação de laptop	Antonio, Robson e equipe de programação de máquinas SMT.	USD 16.666,66
Confeção de novos stencils para linha SMT reconfigurada	Viabilizar a soldagem através de máquinas SMT.	Desenvolver carriers junto ao fornecedor externo especializado	A partir de Outubro de 2014	Na fase SMT do processo de fabricação de laptop	Antonio, Robson e equipe de programação de máquinas SMT.	USD 916,66

5. RESULTADOS

5.1 Etapa CHECK (Verificar a eficácia da ação)

As ações definidas no plano de ação foram implantadas, portanto, para esta segunda situação do processo de soldagem chamaremos, para efeito de simplificação, de **cenário 2**.

Analisando novamente, através do raio-X, o preenchimento do barril de solda dos terminais do HDMI, agora, pelo processo de soldagem automática, foi detectado conformidade da solda, ou seja, atendendo a norma IPC-A-610D. A Figura 8 mostra o resultado da análise para os modelos MB1, MB2/MB3.

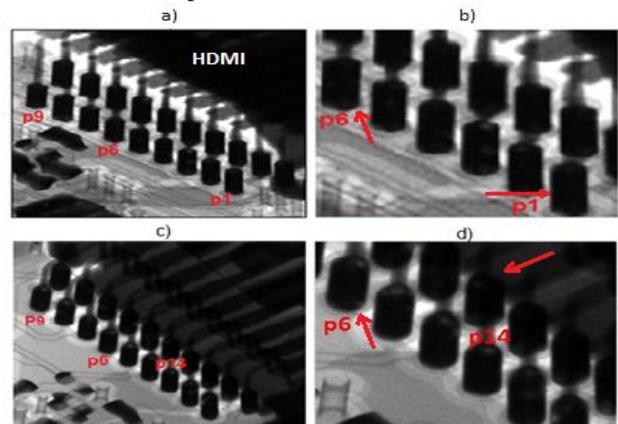


Figura 8. Raio-X do conector HDMI apresentando conformidade de solda no barril. a) e b) modelo laptop MB1; c) e d) modelos laptop MB2/MB3.

Conforme mostrado na Figura 8, o resultado da análise de Raio X, após HDMI ter sido soldado no processo automático (cenário2), apresentou enchimento de solda no barril dos terminais (p1) e (p6) no modelo MB1, e (p6) e (p14) nos modelos MB2/MB3, > 75% , portanto, atendendo a IPC-A-610D.

O ensaio metalográfico de *cross section* foi realizado, novamente, somente no modelo laptop MB1, pelas razões mencionadas anteriormente. Os resultados também evidenciam enchimento de solda no barril dos terminais (p1) e (p6) > 75% conforme mostrado na figura 9.

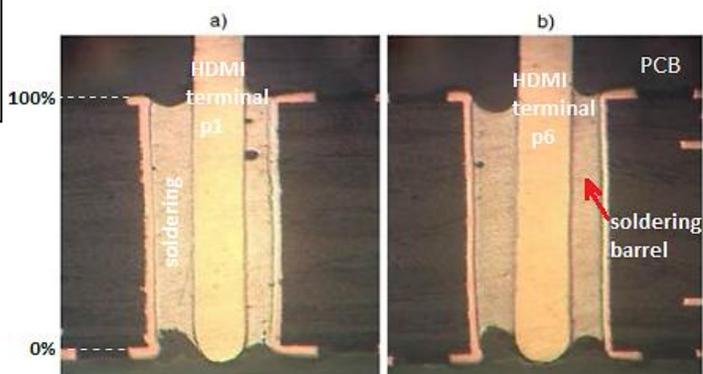


Figura 9. *Cross section* do conector HDMI modelo laptop MB1 apresentando conformidade de solda no barril. a) terminal (p1) e b) terminal (p6). (50x).

Conforme mostrado na Figura 9, o resultado do ensaio metalográfico de *cross section* do HDMI após soldado no processo automático (cenário2), ou seja, o enchimento do barril ficou > 75%, portanto tecnicamente, dentro da aceitabilidade da IPC-A-610D.

5.2 Etapa ACTION (Padronização do Processo)

A padronização da melhoria do processo de soldagem é acompanhada através do documento “Relatório de Defeito”, sendo monitorado diariamente. A melhoria no processo de soldagem do HDMI, se estendeu para os três modelos de laptop. Com base nos resultados apresentados na etapa “Check”, é possível afirmar que a melhoria realizada no processo de soldagem do conector HDMI encontrou resultados conformes quanto aos critérios de aceitabilidade de soldabilidade relacionado ao enchimento do barril de solda dos terminais do componente HDMI. A tabela 3 mostra um resumo dos resultados antes e após o processo de melhoria.

6. CONCLUSÃO

Verificou-se, pelos resultados da pesquisa, que a soldagem do Conector HDMI nos modelos MB1, MB2/MB3 pelo processo de soldagem automática por refusão (SMT) e uso da tecnologia Pin in Paste, se mostrou eficaz, melhorando assim, a qualidade da solda dos terminais do componente HDMI, bem como, o

atendimento da norma internacional IPC-A-610D sessão Supported Holes – Solder – Vertical Fill.

Identificou-se através das análises por Raio-X e de Ensaio Metalográfico de Cross Section o problema da pesquisa de ordem técnica, sendo que após a melhoria implantada no processo de soldagem, constatou-se por meio das mesmas análises, sua eficácia.

Orientado pelo método PDCA, o mesmo, mostrou-se eficiente tanto para a identificação da causa raiz do problema da pesquisa quanto para o desenvolvimento das etapas do estudo de caso.

Padronizou-se o processo de soldagem para este tipo de componente Conector HDMI em placas de laptop para os projetos futuros da empresa em estudo.

A pesquisa tornou-se relevante não somente para a empresa em estudo, mas, para as demais empresas do mesmo segmento de informática e eletroeletrônico, pois alerta para o problema de não atendimento a norma IPC-A-610D, quanto á insuficiente do enchimento do barril de solda em componentes PTH, bem como, apresenta uma solução técnica para situações desta natureza em conectores HDMI, e de fácil extensão para os demais conectores do mesmo tipo utilizados em laptops.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOKOVIC, M, D Pavletic, K. **Kern Pipan Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle.** RADAR Matrix, DMAIC and DFSS Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering vol. 43 Issue 1 November 2010.
- [2] ANURAG, Bansal, Kuo-Chuan Liu, and Jie Xue. **Evaluation of Defects In Lead-Free BGA Solder Joints Under Random Vibration Stress.** Cisco Systems, Inc. San Jose, CA, USA .Volume 24 Issue 1, 2011.
- [3] FRANCIS, K. H. Lau, Vincent W.S. Yeung. **A Hierarchical Evaluation of the Solder Paste Printing Process.** Journal of Materials Processing Technology 69 79- 89. 1997.
- [4] WHALLEY, D.C. **A simplified Reflow Soldering Process Model.** Journal of Materials Processing Technology 150 134–144. 2004.
- [5] KHANDPUR, R. S. **Printed Circuit Boards: Design, Fabrication, Assembly and Test.** 15rd ed. Chicago: McGraw-Hill, 2006.
- [6] BASU, R. **Implementing Quality – A Practical Guide to Tools and Techniques.** Thomson Learning, London, 2004.
- [7] SOKOVIC, M. D Pavletic, **Quality improvement - PDCA cycle vs. DMAIC and DFSS.** Journal of Mechanical Engineering 53/6 (2007) 369-378.
- [8] WEINSTEIN, Jeremy and Vasovski, Steve. **The PDCA Continuous Improvement Cycle Module 6.4.** Presentation for: ESD.60 – Lean/Six Sigma Systems MIT Leaders for Manufacturing Program (LFM) Summer 2004.

[9] ASPANDIAR, Raiyo, Mark Litkie, George Arrigotti. **Pin in Paste Solder Process Development**. Intel Corporation.Conference: SMTA International, 1999.

[10] A **SMT**- Compatible Technology to include Through Hole Solder Mounted Components into a typical SMR Process: PIP Technology Overview. Available in: www.rcmicro.es/pdf/noticias/FCL_PIN_In_Paste.pdf. Accessed April 11, 2015.

[11] BERNTSON, Ross, B., Ronald Lasky, Ph.D., PE, Karl P. Pfluke. **Through-Hole Assembly Options for Mixed Technology Boards**. Indium Corporation of America Utica, NY, 2004.

[12] **IPCA-610D** - Association Connecting Electronics Industries Acceptability of Eletronic Assemblies. February, 2005.

[13] KRASTEV, Evstatin and David Bernard . **Modern 2D/3D X-Ray Inspection-Emphasis on BGA, QFN 3D Packages and Counterfeit Components**. Conference: Pan Pacific Symposium. Company: Nordson DAGE. 2010.

[14] JAY, Roger & Alfred Kwong. **Dealing with the “black pad defect”- A Failure Analyst’s Perspective**. Solectron Corporation. SMTA Conference, 2001.

[15] **EMPFASIS**. National Electronics Manufacturing Center of Excellent. Moisture Sensitive Devices (QFPs and BGAs) 2001. Available <http://www.seikausa.com/sites/default/files/product/mcdry/empf-asis-may-2001.pdf>. Accessed April 10, 2015



Application of renewable energy sources in hospital services

^aCarlos Alberto de León Benítez, ^bErnesto Santiago Garmendia López

^aProfesor Titular, Dr. CT. Centro de Estudios Electroenergéticos. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
e-mail: charle@uclv.edu.cu

^bProfesor adjunto, M.Sc. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
e-mail: egarmendia@uclv.cu

ABSTRACT

The proposal of a thermal solar system to heat water in the Hospital service is the fundamental objective of the present work, which had the aim of carry out a study on the employment of renewable energy sources to increase the energy efficiency and the quality of the hospitable service. The methodology used to select the proposed system took in consideration the rules of thumbs offered by several international organizations as RETScreen, SODEANS and Swisscontact, different computer software were employed. This project, with an approximate initial cost of \$37 200, allows to obtain an annual electric energy saving of 190 MW.h and it contribute a net annual greenhouse gas emission reduction equivalent to 440 barrels of crude oil not consumed.

Keywords: Solar heater, sun energy, renewable energy, sun collectors.

Aplicación de fuentes renovables de energía en servicios hospitalarios

RESUMEN

La propuesta de un sistema solar térmico para el calentamiento de agua en servicios hospitalarios es el objetivo fundamental del presente trabajo, el cual tuvo como fin realizar un estudio sobre el empleo de fuentes renovables de energía para aumentar su eficiencia y la calidad del servicio. La metodología seguida para seleccionar el sistema propuesto tomó en consideración las reglas prácticas brindadas por organizaciones internacionales como RETScreen, SODEAN y Swisscontact, empleándose diferentes programas de computación. Se incluye un ejemplo de aplicación en una instalación hospitalaria de la ciudad de Santa Clara, Cuba. Este proyecto, con una inversión inicial de \$37200, permite obtener anualmente un ahorro de energía eléctrica de 190 MW.h y aporta una reducción neta en la emisión de gases de efecto invernadero equivalente a dejar de consumir 440 barriles de petróleo crudo.

Palabras claves: Calentadores solares, energía solar, energía renovable, colectores solares.

1. Introducción

El presente trabajo se desarrolló en el Hospital Pediátrico Docente “José Luis Miranda” ubicado en la ciudad de Santa Clara, provincia de Villa Clara, en él se analiza la posibilidad de emplear fuentes renovables de energía (FRE) con vista a mejorar la calidad del servicio hospitalario y el nivel de satisfacción de los pacientes ingresados, aumentando a su vez la eficiencia energética de la institución y la protección al medio ambiente. En particular se realiza el diseño de un sistema de calentamiento de agua mediante colectores solares comercializados en Cuba.

La realización del mismo está vinculada a los esfuerzos del país por elevar la eficiencia de sus empresas como parte de la

política económica seguida en la actualidad y a la necesidad de emprender acciones encaminadas a la protección del medio ambiente.

El empleo de las FRE data desde el comienzo mismo de la humanidad con el uso de biomasas para cocinar los alimentos, protegerse del frío y de diferentes animales; luego aprovecharon la energía eólica para propulsar las embarcaciones, llegando a utilizarla en los molinos de viento y hasta para irrigar los campos cultivados. “Se tienen referencias sobre proyectos del emperador Hammurabi para irrigación, empleando la energía eólica, que data del 1 700 A.C. Posteriormente los persas, los chinos, los holandeses, etc., emplearon con éxito a través de los siglos la

energía del viento. En la actualidad existen aún en operación algunos centenares de aerobombas del tipo multipala, del cual se fabricaron más de seis millones, después de su invención en 1854”[1].

El descubrimiento de grandes yacimientos de combustible fósiles con el consecuente perfeccionamiento de una tecnología más sencilla para su explotación causó la decadencia de los pequeños sistemas descentralizados de aprovechamiento de las FRE y el establecimiento en su lugar de sistemas altamente centralizados, que si bien ofrecían energía abundante y barata para el desarrollo industrial, trajeron consigo la implantación de patrones de consumo irracional y el deterioro del medio ambiente.

En la actualidad se han desarrollado sistemas confiables, eficaces y altamente rentables desde el punto de vista económico basados en FRE y se ha tomando conciencia del importante papel jugado por la variable ecológica, al reconocerse que de continuar la quema acelerada de combustibles fósiles se producirían catástrofes mundiales poniendo en peligro de extinción a la humanidad. El continuo aumento detectado en los niveles de CO₂ en la atmósfera y la destrucción de su capa de ozono son algunos de los fenómenos que más alarman a los científicos.

Los análisis realizados en varios hospitales, tanto en Cuba como en el resto del mundo, ponen de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética existente en muchos de ellos, así como las posibilidades de reducir los consumos y costos energéticos mediante la creación de las capacidades técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía [2].

La revolución energética cubana actual hace énfasis en el empleo de FRE estables y económicas, particularmente los hospitales presentan la necesidad de garantizar agua caliente a temperatura adecuada para los diferentes servicios, lo cual está confrontando dificultades. En la revista electrónica “Ciencias Holguín” [3], se cita como una fuente capaz de resolver este problema el uso de la energía solar, la cual presenta grandes ventajas.

Por tanto este trabajo realiza una propuesta tecnológica a partir del uso de fuentes renovables de energía, para el mejoramiento de la gestión energética en el Hospital Pediátrico Docente “José Luis Miranda” a la vez que contribuye al aumento de la calidad del servicio hospitalario y el nivel de satisfacción de los pacientes.

2. Análisis del posible empleo de energía solar térmica en el Hospital Infantil

Consiste en el aprovechamiento de la energía solar desde el punto de vista térmico; en la actualidad se siguen dos variantes fundamentales en su aprovechamiento:

- La energía solar térmica pasiva. Se aplica casi exclusivamente en las nuevas construcciones siguiendo el concepto de la arquitectura bioclimática, no precisa de elementos mecánicos al aprovechar directamente la luz solar.
- La energía solar térmica activa. Basada en el calentamiento, mediante la energía solar, de determinado fluido empleado como portador energético, dicha energía es transferida al medio de trabajo (generalmente agua) y empleada principalmente en el

calentamiento de agua sanitaria o en la calefacción de habitaciones.

El uso de la energía solar para calentar agua no es una idea nueva, hace más de 100 años en varios países se emplearon tanques de agua pintados de negro como simples calentadores solares, sin embargo la tecnología del calentamiento solar de agua se mejoró durante el siglo pasado, “*hoy el mundo cuenta con cientos de miles de calentadores solares modernos.... De hecho en algunos países la ley actual requiere la instalación de calentadores solares en cada nuevo proyecto de construcción residencial*” [8].

El empleo de sistemas solares térmicos presenta grandes ventajas [3], entre las que se encuentran: la no emisión de gases contaminantes perjudiciales para la salud, ni gases de efecto invernadero; no produce desperdicios ni residuos peligrosos; son sistemas silenciosos y confiables que promueven el autoconsumo y la independencia energética; constituye una inversión de rápida recuperación basada en el ahorro de energía convencional; no requiere de trabajos de extracción, transporte o almacenamiento; posee elevada fiabilidad con bajos costos de mantenimiento y emplea un tipo de energía sin riesgo de agotamiento.

Actualmente el hospital infantil no ofrece agua caliente a los pacientes, cada uno de ellos tiene que obtenerla por sus propios medios, lo que implica que el sistema actual de calentamiento de agua (al que se le denomina en lo adelante “caso base” en contraposición al “caso propuesto” que empleará un sistema conformado por calentadores solares) esté formado por calentadores y hornillas traídos por los pacientes, los cuales suelen ser fabricados tanto industrial como artesanalmente. Esta situación hace posible el empleo de calentadores solares de agua de forma económica.

2.1 Sistema solar térmico propuesto

1) Parámetros de partida.

La *alineación de los colectores solares* se realiza a partir de sus ángulos de orientación (γ) y de inclinación (β), para ello hay que estudiar la irradiación global mensual incidente en su superficie para el lugar donde se van a ubicar y tener en cuenta otros aspectos bien detallados en la referencia [9]. Generalmente se emplea una alineación fija, aunque algunos proyectos proponen el empleo de seguidores automáticos para aumentar la energía captada, pero encarecen el sistema [10]. Como resultados se sugiere emplear una inclinación de 30° con orientación sur.

Demanda de agua caliente sanitaria. Internacionalmente se acepta para los hospitales una norma de 80 litros diarios de agua a 45°C por paciente [11], lo cual se tendrá en cuenta para el caso base, sin embargo es posible adoptar medidas de eficiencia energética para disminuir su consumo en un 10 %. Teniendo en cuenta el número de camas (300) y un por ciento ocupacional del 100 % se obtiene una demanda de agua anual de 8 760 t de agua a 45°C equivalente a 4 920 t a 60°C que entregará el sistema colector internamente antes de la válvula mezcladora.

Debe establecerse una diferencia entre el agua entregada por el sistema solar térmico al consumo y la generada internamente. El agua entrega a los consumidores debe tener una temperatura de 45°C y se obtiene a la salida de una válvula mezcladora de dos entradas, una es el agua de suministro de la red y la otra es el

agua caliente entregada por el tanque colector del sistema solar, para la cual se establece en el presente trabajo una temperatura de 60°C, lo suficientemente alta para evitar la proliferación de microorganismos patógenos y lo más baja posible para disminuir las pérdidas energéticas por transferencia de calor al medio. Según las normas existen otros requerimientos de agua caliente en la cocina y la lavandería, en el presente trabajo se propone abastecerlos a partir del generador de vapor que alimenta estas dependencias.

La energía térmica (expresada en kJ) se calcula a partir de la “**Erro! Fonte de referência não encontrada.**”, sobre una base mensual, a partir del salto térmico (ΔT , expresado en Kelvin) y la masa de agua requerida (m , en kg), teniendo el cuidado de emplear la capacidad calórica (cp) en kJ/(kg.K).

$$Energía = m \cdot cp \cdot \Delta T \quad (kJ) \quad (1)$$

El cálculo de la energía consumida por el sistema encargado de calentar el agua (sistema eléctrico para el caso base y sistema solar térmico para el caso propuesto) debe tener en cuenta su eficiencia. El resumen de las características del caso base se muestra en la “Tabla 1”.

Tabla 1: Resumen del sistema de ACS para el caso base.

Sistema de agua caliente del caso base		
Parámetro	UM	Cantidad
Demanda de calentamiento total	MW.h	195.6
Carga de calentamiento punta total	kW	37
Horas equivalentes a plena carga	h	5185
Eficiencia del sistema	%	80
Consumo de electricidad anual	MW.h	246
Precio de la electricidad	\$/kWh	0.170
Costo de la electricidad	\$	41760

N_c :

F_c :

2.2 Cálculo del sistema propuesto.

Generalmente los sistemas solares térmicos no se diseñan para cubrir toda la demanda debido a que la disponibilidad de su fuente primaria de energía (el sol) es variable, de lo contrario se arribaría a diseños de sistemas solares exageradamente grandes y costosos, ver referencia [12].

El sistema propuesto presenta un circuito solar abierto con circulación forzada, consta de una batería de colectores solares de tubos al vacío, ensamblados en Cuba, con dos tanques donde se acumula el agua caliente proveniente de los colectores, la cual se hace circular mediante una electrobomba. En el tanque de salida se instala un sistema eléctrico de respaldo para estabilizar la temperatura del agua suministrada a los usuarios. Ambos tanques deben estar aislados térmicamente.

La interconexión hidráulica del sistema solar (desde la entrada de los colectores hasta la salida de la válvula mezcladora) puede realizarse con tubería de cobre, acorde al criterio de la referencia [13].

En el análisis del proyecto se empleó una metodología similar a la descrita en la referencia [14], pero con auxilio de los programas de computación SWH3 y RETScreen 4 (referencias [15] y [8]).

En el diseño se emplearon los colectores solares chinos ensamblados en Cuba modelo LPC 47-1530.

Las principales características del caso propuesto se resumen en la tabla “Tabla 2”.

Tabla 2: Principales características del sistema solar propuesto.

Parámetro	UM	Cantidad
Número de colectores		32
Área total de colectores solares	m ²	198.4
Área total de captación	m ²	120
Capacidad de generación	kW	84
Demanda anual de calor	MW.h	196.5
Fracción solar	%	72.6
Calentamiento anual entregado	MW.h	142.7
Consumo anual de electricidad	MW.h	53.8

El sistema de calentamiento solar de agua puede ser ubicado en el techo del edificio de cuatro pisos en el que se encuentran las salas de respiratorio, donde se dispone de un área aproximada de 600 m² (el área bruta total de colectores requerida es de alrededor de 200 m²). Desde aquí puede distribuirse por gravedad el agua caliente a todo el hospital y abastecer el sistema desde el tanque principal ubicado por encima de este nivel.

La capacidad instalada de los sistemas solares de calentamiento de agua, empleada en sustitución del área de colectores para comparar los diferentes sistemas solares térmicos entre sí y con otras fuentes de energía, se expresa en kW térmicos (kW_{th}) y se determina a través de la siguiente expresión:

$$C_i = A_a \cdot N_c \cdot F_c \quad (2)$$

Donde:

C_i : Capacidad instalada en kW térmicos.

A_a : Área de apertura en m².

N_c : Numero de colectores.

F_c : Factor de conversión kW_{th}/m^2 .

Se emplea un factor de conversión de 0,7 kW_{th}/m^2 . (kW térmico por m² de área de apertura de los colectores). Este factor se usa uniformemente para los colectores solares planos, concentrados y de tubos al vacío (Recomendación de la “International Energy Agency’s Solar Heating and Cooling Programmer” IEA SHC, 2004).

La bomba de recirculación del circuito solar debe manejar un flujo de 40 L/h por m² de área de captación (recomendado en las referencias [12] y [14]) y teniendo en cuenta que la temperatura del agua puede llegar a superar los 60°C, se seleccionó una bomba Scanpump serie NR 50/32-16 mediante el empleo del programa de computación “ABSEL”.

La citada bomba debe ser gobernada por un dispositivo electrónico denominado “control diferencial de temperatura” que arranca o detiene la bomba en función de la diferencia de temperatura prefijada entre los terminales de la batería de colectores (es decir, entre la salida de la batería de captadores y la salida del depósito acumulador solar hacia los colectores). La referencia [11] propone que “En ningún caso las bombas estarán en marcha con diferencias de temperaturas menores de 2°C ni paradas con diferencias superiores a 7°C”. Por tanto se sugiere

detener la bomba con 2°C, pero arrancarla con 5°C como sugiere la referencia [16].

Acumulador solar. Con el objetivo de determinar la capacidad del depósito solar se empleó la razón de “capacidad de almacenamiento vs área de captación” de 75 L/m² propuesta por RETScreen. Así se obtuvo una capacidad de 9 000 L. Se propone el empleo de dos tanques aislados térmicamente y con cierre hermético de 4 y 5 m³ de capacidad respectivamente. Los tanques pueden ser conectados en serie invertida con el circuito de consumo.

Como *sistema auxiliar* se propone un calentador eléctrico ubicado en la parte superior (más exactamente en la tercera parte superior) del tanque de 4 m³, dispuesto a la salida del sistema acumulador solar.

Siguiendo el criterio de la referencia [11], donde se sugiere emplear una relación cercana a 150 W/m² de superficie de captación, se propone emplear dos resistencias de 13 kW. En forma simplificada el sistema solar térmico propuesto se muestra en la “Figura 1”.

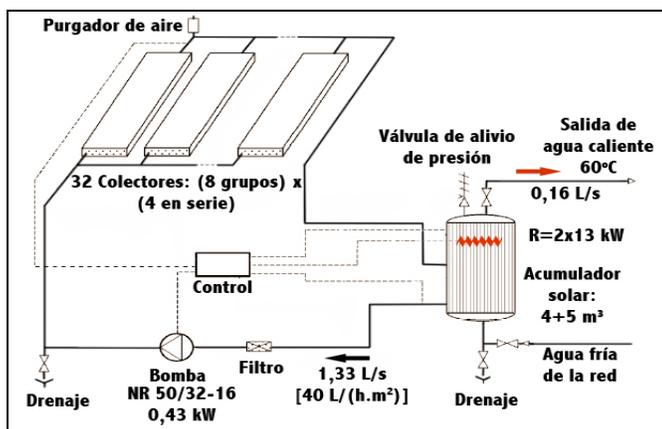


Figura 1: Esquema principal del caso propuesto.

2.3 Contribución al medio ambiente.

La implementación del sistema propuesto puede realizar una importante contribución a la protección del medio ambiente al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, observe la “**Erro! Fonte de referência não encontrada.**”.

Tabla 3: Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero.

Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)		
Tipo de combustible	Mezcla de combustible	Emisiones GEI
	%	t _{CO2}
Caso base		
Electricidad	100	275
Total	100	275
Caso propuesto		
Solar	72	0
Electricidad	28	62
Total	100	62
Reducción de emisiones GEI anual neta		213

La disminución de la emisión de gases de efecto invernadero es equivalente a dejar de consumir 442 barriles de petróleo crudo anual.

3. Resumen financiero

A continuación se exponen (“**Erro! Fonte de referência não encontrada.**” y “Tabla 5”) algunos indicadores financieros del proyecto y un flujo de caja en el que se muestran sólo 10 de los 20 años de vida útil.

Tabla 4: Resumen de costos, ingresos y viabilidad financiera del proyecto

Resumen y viabilidad financiera	UM	Cantidad
Costos iniciales totales	\$	37192
Costos anuales totales	\$	9686
Total de ahorros anuales		41763
TIR		
	%	91.7
Pago simple de retorno del capital	año	1.2
Valor presente neto (VPN)	\$	89300
Relación costo/beneficio		3.4

Tabla 5: Flujo de cajas del proyecto

Año	Antes-impuestos (\$)	Después-impuestos (\$)	Acumulado (\$)
0	-37192	-35704	-35704
1	33042	27326	-8378
2	34036	28746	20368
3	35059	29110	49478
4	36113	29634	79112
5	37199	30280	109392
6	38317	31018	140410
7	39469	31831	172240
8	40656	32703	204944

4. Conclusiones.

La energía solar térmica es la fuente de energía renovable con mayor potencialidad de empleo en el Hospital Provincial Pediátrico Docente “José Luis Miranda”, es viable económicamente y contribuye a la protección del medio ambiente al reducir el consumo de combustibles fósiles. Su empleo favorece la elevación del confort de sus pacientes y la calidad del servicio hospitalario a la vez que representa un ahorro económico para el país.

Otras fuentes renovables de energía como la solar fotovoltaica y la biomasa pudieran ser empleadas en un futuro, pero no son las más recomendables con las condiciones económicas actuales del país.

El sistema solar térmico propuesto para el calentamiento de agua sanitaria, consta de 32 colectores solares de tubos al vacío fabricados en Cuba. Este sistema solar, con una inversión inicial aproximada de \$37 200, permite obtener un ahorro de energía eléctrica anual de 190 MWh y aporta una contribución a la reducción de gases de efecto invernadero equivalente a dejar de consumir 440 barriles de petróleo crudo anual.

5. Referencias bibliográficas.

[1] Rincón Mejía, E.A. *Estado del arte de la investigación en energía solar en México*. Cuadernos FICA, 1999. 134.

[2] Vélez C., C. *Hospitales, Clínicas y Centros de Salud*. Guía Sectorial de Producciones más Limpias, 2008. 53.

[3] Bermúdez Rojas, C.R., Ing. and J. García Cuba, Ing., *Los calentadores solares como una forma de fuente renovable de energía alternativa*, in *Ciencias Holguín*, 2009: Holguín.

[4] Prats Jové, F. and R. Prats Canós, *Mini centrales eléctricas para aguas pasantes, in Centrales eléctricas flotantes (CEFLOT)2007*: Barcelona, España. p. 13.

[5] Durham, D., *El papel de las energías renovables en España y la Unión Europea en el cumplimiento de los requisitos del Protocolo de Kyoto*, 2002, Soluciones energéticas S.A.,: Madrid. p. 116.

[6] Krug, W. *Energía eólica. Prácticas introductorias a las energías renovables*, 2001. 47.

[7] Menéndez González, M., Dr., *Elementos fundamentales que caracterizan la energía eólica*, 2007: La Habana, Cuba. p. 9.

[8] RETScreen International, *Clean Energy Project Analysis (RETScreen 4)*, 2008.

[9] Bértiz, L. and M. Álvarez, *Manual para el Cálculo y Diseño de Calentadores Solares*, ed. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. 2006, La Habana, Cuba.

[10] González Rodríguez, O.D., *Calentador solar de agua con posicionador electrónico*, 2010: Jalisco, México.

[11] SODEAN, S.A., *Especificaciones técnicas de instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente*. 1^{ra} ed. 1999, Andalucía, España. 50.

[12] Programa de energía solar de Swisscontact, *Manual IV: Sistemas de agua caliente*, in *Ingeniería Solar*. p. 73. 2009.

[13] Programa de energía solar de Swisscontact, *Manual II: Sistemas hidráulicos domésticos*, in *Ingeniería Solar*. p. 63. 2009.

[14] Veclima, S.L.U., *Estudio de Energía Solar para instalación de A.C.S. en residencia*, 2001, solarweb.net: Córdoba, España. p. 17.

[15] RETScreen International, *Solar Water Heating Analysis Software (SWH3)*, 2005.

[16] *Proyecto de instalación de energía solar para obtención de agua caliente*, 2001: Salamanca, España.



Procedures for risk assessment of critical slant prevention ergonomic work stations: a case study

Jandecy Cabral Leite², Getúlio Lima de Queiroz¹, Jorge de Almeida Brito Junior², Enily Vieira do Nascimento¹, Marcelo Fonseca Pires¹

jandecycabral@hotmail.com, getuliolima_am@hotmail.com, jorgebritojr@gmail.com, enilyvieira@gmail.com
mclfonseca1@hotmail.com

¹Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Avenida Joaquim Nabuco, 1469, Centro. Manaus-Amazonas-Brasil. CEP: 69005-290. Fone: +55 (92) 3212 5000.

^{1,2}Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, 1990. Centro. Manaus – Amazonas- Brasil. CEP: 69020-031. Fone: +55 (92) 3584 6145 e +55 (92) 3248 2646.

ABSTRACT

Quality of life (QV) is directly related to the quality of work life (QWL), as it is in the workplace that individuals occupy most of the time. Therefore, states that job satisfaction, daily hours of work, remuneration, conditions of the physical environment, the opportunity to advance, among other factors, are being discussed and studied to make the most satisfying and less harmful to health of employees working conditions. The aim of this study is to identify risk factors that affect the performance of the activities of the production chain partners LTDA Amapoly Industry and Trade, and the impact of predisposing aspects of occupational diseases related to work. This is a qualitative and quantitative study, is characterized by the use of precision measuring outcomes intended to prevent distortion of analysis and interpretation, allowing, therefore, a degree of certainty as to the deductions and qualitative in which the researcher to obtain "measures" with greater internal validity because unstructured observations allow us to know details that structured instruments (questionnaires) can not achieve. From a descriptive approach that allowed discover and classify the relationship between variables and discover the characteristics of the phenomenon of investigation. Results identified the risk factors affecting the performance of the activities of contributors, and the impact of predisposing aspects of TME. The study confirmed the importance of ergonomics in the investigation of issues related to occupational diseases, namely the causal factors of musculoskeletal disorders, and no prevention among at-risk populations is paramount to first, there is an awareness by both employers and employees.

Keywords: Biomechanics, Ergonomics, Jobs, Analysis of occupational risks.

Procedimentos para avaliação de risco de prevenção cunho crítico estações de trabalho ergonômicas: um estudo de caso

RESUMO

A qualidade de vida (QV) está diretamente relacionada com a qualidade de vida no trabalho (CVT), quando você considera que as pessoas na maioria das vezes eles estão engajados em seu trabalho. Portanto, podemos dizer que a satisfação no trabalho, jornada diária de trabalho, remuneração, condições do ambiente físico, a oportunidade de avançar, entre outros fatores, são discutidos de modo que a atividade de trabalho cada dia mais gratificante e menos prejudicial para a saúde dos trabalhadores. O objetivo deste estudo é identificar fatores de risco que afetam o desempenho das atividades dos empregados da cadeia de produção Amapoly LTD Indústria e Comércio e do impacto sobre as doenças ocupacionais relacionados ao trabalho. Um estudo qualitativo e quantitativo, caracterizado pela utilização dos resultados de medição de precisão destinada a evitar distorções da análise e interpretação, permitindo um grau de certeza quanto às avaliações efetuadas. A partir de uma abordagem descritiva, é possível descobrir e classificar a relação entre variáveis e descobrir as características do fenômeno da investigação. Os resultados identificaram os fatores de risco que afetam o desempenho das atividades dos empregados e o impacto dos aspectos de predisposição a doenças, lesões músculo-esqueléticas (LME). O estudo confirmou a importância da ergonomia na investigação de questões relacionadas com doenças profissionais.

Palavras-chave: biomecânica, ergonomia, Postos de trabalho, Prevenção de Riscos ergonômicos.

1. Introdução

As condições de trabalho podem ser caracterizadas como os meios pelos quais as colaboradoras desenvolvem suas atividades

no Pólo Industrial de Manaus (PIM), não importando quais sejam elas, porém são elas que irão determinar o sucesso ou insucesso da produtividade, bem como o bem estar das colaboradoras. Dentre as condições de trabalho, considera-se os aspectos

ambientais (ruído, temperatura, luminosidade, vibração, qualidade do ar), os aspectos técnicos (máquinas, *layout*, mobiliário) e, ainda, os aspectos organizacionais (divisão do trabalho, o número e a duração das pausas, trabalho em turnos, ritmo de trabalho), as quais das colaboradoras está inserido no meio produtivo do PIM.

Sendo assim, nas últimas décadas, tem-se observado de forma progressiva a substituição da prestação de serviços braçais, por equipamentos através da instalação de sistemas automatizados e informatizados. Para isso, as colaboradoras da *Amapoly Indústria e Comercio* estão sendo submetidas a uma adaptação súbita frente às solicitações de novas condições de trabalho que, muitas vezes, implica na manutenção de posturas estafantes, levando o indivíduo permanecer a maior parte do tempo em pé.

Com as modificações realizadas subitamente no ambiente de trabalho, as atividades tornam-se cada vez mais específicas, exigindo grande esforço físico e mental das colaboradoras, que se deve a não disponibilidade de tempo para adaptação do organismo a este desenvolvimento, tornando-se justificável o número cada vez mais crescente de doenças ocupacionais.

Para Cruz (2001), as atuais transformações no mundo do trabalho e os impactos da reestruturação produtiva parecem ter aumentado as proporções das implicações sobre a saúde das colaboradoras, ampliando e tornando mais complexa a avaliação dos sintomas de dor, desconforto físico e psicológico. Muitas são as atividades realizadas pelo homem e descritas na literatura que são propensas a desenvolver distúrbios músculo-esqueléticos e/ou Doenças Ocupacionais Relacionada ao Trabalho (DORT) e as Lesões de Esforços Repetitivos (LER), está inclusa a atividade: fabricação de lonas e coberturas, a qual destina-se esta pesquisa.

Nos estudos sobre os DORT, é comum atribuir uma multicausalidade ao aparecimento da doença, todavia, novas implementações ergonômicas nos postos de trabalho, de nada valem se as colaboradoras não estiverem adaptadas às condições oferecidas e, sobretudo, se não for instituído e cumprido os parâmetros organizacionais, o que representa grande importância na qualidade da realização da atividade. Neste contexto, Filho & Barreto (1998), descrevem que, as LER, constitui-se um problema de saúde pública, com repercussões sociais e econômicas. Ressaltam que para cada categoria profissional, existe uma característica particular de exigência mental e motora, e devido a tais exigências, há locais mais suscetíveis e o que irá determinar, é a alta exposição e intensidade do trabalho.

No caso das colaboradoras de produção da *Amapoly*, são diversos os fatores de riscos, desde a postura em que realizam suas atividades, até o manuseio de equipamentos e ferramentas usuais que sobrecarregam principalmente os membros superiores; além das rotações de tronco. A realização destas atividades por tempo prolongado trará algum tipo de distúrbio em alguma região do corpo.

Nas organizações, e mais precisamente, nos setores em que exijam a longa permanência numa mesma postura, ou seja, sentada ou em pé, conseqüentemente as colaboradoras passam adotar posturas que lhe pareça confortável, mas que nem sempre é a ideal ou biomecanicamente adequada para o desenvolvimento de determinadas atividades, ocasionando, então, a ocorrência de

algias musculares que no início podem passar despercebidas, todavia, com o decorrer do tempo, a dor tende a aumentar podendo tornar-se motivo de afastamento do trabalho ou em casos extremos, de grande incapacidade funcional. Também, a combinação de fatores individuais como o biótipo, idade, condições sócio-econômicas, associado a instalações físicas e posturais inadequadas, são mecanismos contribuintes para o aparecimento de disfunções funcionais e dores musculares. A este respeito, Iida (2010), comenta que esforços repetitivos, trabalho estático, esforço físico intenso, ritmos intensos de trabalho e posturas inadequadas estão presentes na maioria das situações de trabalho, das diversas atividades profissionais, sendo causas para o aparecimento ou agravamento de lesões, principalmente no sistema músculo-esquelético.

2. Referencial Bibliográfica

2.1 Aspectos Gerais sobre a Ergonomia

Inicialmente a aplicação da ergonomia se fazia quase que exclusivamente na indústria e se concentrava no binômio homem-máquina. Hoje é bem mais abrangente, estudando sistemas complexos, onde dezenas ou até centenas de elementos interagem entre si, abarcando quase todos os tipos de atividades humanas. A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho para o homem. O trabalho aqui tem uma acepção bastante ampla, abrangendo não apenas aquelas máquinas e equipamentos utilizados para transformar os materiais, mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre homem e seu trabalho. Isso envolve não somente o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais de como esse trabalho são programados e controlados para produzir os resultados desejados.

Observa-se que a adaptação sempre ocorre do trabalho para o homem. A recíproca nem sempre é verdadeira. Ou seja, é muito mais difícil adaptar o homem ao trabalho. Isso significa que a ergonomia parte do conhecimento do homem para fazer o projeto do trabalho, ajustando-o às capacidades e limitações humanas. O termo “saúde” é a expressão das condições sociais, culturais e históricas das coletividades em que o trabalho desempenha papel crucial. Para Brito (2000), o trabalho realizado na sociedade é completamente determinado pelas relações entre os poderes sociais, econômicos e políticos. Segundo Leite (2004), “para realizar o seu objetivo, a ergonomia estuda diversos aspectos do comportamento humano no trabalho e outros fatores importantes para o projeto de sistemas de trabalho, que são”: O homem – características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais do trabalhador; influência do sexo, idade, treinamento e motivação; Máquina – entende-se por máquina todas as ajudas materiais que o homem utiliza no seu trabalho, englobando os equipamentos, ferramentas, mobiliários e instalações; Ambiente – estuda as características do ambiente físico que envolve o homem durante o trabalho, como a temperatura, ruídos, vibrações, luz, cores, gases e outros; Informação – refere-se às comunicações existentes entre os elementos de um sistema, a transmissão de informações, o processamento e a tomada de decisões; Organização – é a conjugação dos elementos acima citados no sistema produtivo, estudando aspectos como horários turnos de trabalho e informação de equipes; e conseqüência do trabalho – aqui entra mais as questões de controles como tarefas de

inspeções, estudo dos erros e acidentes, além dos estudos sobre gastos energéticos, fadiga e “stress” (IIDA, 2010).

2.2 Algumas Definições para Ergonomia

- IIDA (2010) define a Ergonomia como o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Neste contexto, o trabalho tem uma aceção bastante ampla, abrangendo não apenas máquinas e equipamentos utilizados, mas também toda a situação que envolve o homem e seu trabalho, ambiente físico, aspectos organizacionais, programação e controle para produzir os resultados desejados.
- MONTMOLLIN, M. - A Ergonomia é a tecnologia das comunicações homem-máquina (1971).
- GRANDJEAN, E. - A Ergonomia é uma ciência interdisciplinar. Ela compreende a fisiologia e a psicologia do trabalho, bem como a antropometria e a sociedade no trabalho. O objetivo prático da Ergonomia é a adaptação do posto de trabalho, dos instrumentos, das máquinas, dos horários, do meio ambiente às exigências do homem. A realização de tais objetivos, ao nível industrial, propicia uma facilidade do trabalho e um rendimento do esforço humano (1998).
- LEPLAT, J - A Ergonomia é uma tecnologia e não uma ciência, cujo objeto é a organização dos sistemas homens-máquina (1972).
- MURREL, K.F. - A Ergonomia pode ser definida como o estudo científico das relações entre o homem e o seu ambiente de trabalho (1965).
- SELF - A Ergonomia reúne os conhecimentos da fisiologia e psicologia, e das ciências vizinhas aplicadas ao trabalho humano, na perspectiva de uma melhor adaptação ao homem dos métodos, meios e ambientes de trabalho.
- WISNER - A Ergonomia é o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários à concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto e eficácia (1997).

2.3 Objeto e Objetivo da Ergonomia

Se, para um certo número de disciplinas, o trabalho é o campo de aplicação ou uma extensão do objeto próprio da disciplina, para a ergonomia o trabalho é o único possível de intervenção. A ergonomia tem como objetivo produzir conhecimentos específicos sobre a atividade do trabalho humano. O objetivo desejado no processo de produção de conhecimentos é o de informar sobre a carga do trabalhador, sendo a atividade do trabalho específica a cada trabalhador. O procedimento ergonômico é orientado pela perspectiva de transformação da realidade, cujos resultados obtidos irão depender em grande parte da necessidade da mudança. Mesmo que o objetivo possa ser diferente de acordo com a especialização de cada pesquisador, o objeto do estudo não pode ser definido a priori, pois sua construção depende do objetivo da transformação.

Em ergonomia o objeto sobre o qual pretende-se produzir conhecimentos, deve ser construída por um processo de decomposição/recomposição da atividade complexa do trabalho, que é analisada e que deve ser transformada. O objetivo é ocultar o mínimo possível à complexidade do trabalho real. Quanto mais ergonomia aprofunda o seu questionamento sobre a realidade, mais ela é interpelada por ela mesma. Para Leite (2004), a ergonomia tem como objetivo produzir conhecimentos específicos sobre a atividade do trabalho humano. O objetivo desejado no processo de produção de conhecimentos é o de informar sobre a carga da colaboradora, sendo a atividade do trabalho específica a cada trabalhador.

2.4 Métodos e Técnicas

A Ergonomia utiliza métodos e técnicas científicas para observar o trabalho humano. A estratégia utilizada pela Ergonomia para apreender a complexidade do trabalho é decompor a atividade em indicadores observáveis (postura, exploração visual, deslocamento). A partir dos resultados iniciais obtidos e validados com os operadores, chega-se a uma síntese que permite explicar a inter-relação de vários condicionantes à situação de trabalho. Como em todo processo científico de investigação, a espinha dorsal de uma intervenção ergonômica é a formulação de hipóteses. Para Nogueira (2005) "o pesquisador trabalha em geral a partir de uma hipótese, é isso que lhe permite ordenar os fatos". São as hipóteses que darão o *status* científico aos métodos de observação nas atividades do homem no trabalho.

A organização das observações em uma situação real de trabalho é feita em função das hipóteses que guiam a análise, mas também, segundo Grandjean (1998), em função das imposições práticas ou das facilidades de cada situação de trabalho. Os comportamentos manifestáveis do homem são frequentemente observáveis pelos ergonomistas, como por exemplo: Os deslocamentos dos operadores - esses podem ser registrados a partir do acompanhamento dos percursos realizados pelo operador em sua jornada de trabalho. Para Nascimento & Moraes (2000), a Ergonomia é uma ciência que, independente da sua linha de atuação, estratégia e/ou métodos de estudos aplicados, objetiva solucionar problemas da relação entre homem, máquina, equipamento, ferramentas, programação de trabalho, instruções e informações, resolvendo conflitos entre o homem e a tecnologia aplicada ao seu trabalho.

2.5 Aspectos Organizacionais na Ergonomia

Além das definições encontradas na literatura específica sobre a Ergonomia, constata-se a grande relevância dada aos aspectos organizacionais, porém mesmo o ambiente estando em plenas condições ergonômicas no que se refere ao mobiliário, nada adiantará se não houver uma organização eficaz.

Essa eficácia refere-se à descoberta e reorganização de alguns aspectos imprescindíveis como, a melhor maneira de executar um serviço, a utilização dos recursos mais apropriados, instruções e treinamentos sobre o uso correto e a manutenção dos equipamentos necessários. Todos esses itens quando analisados e

realizados de forma inadequada, são fatores desencadeantes do estresse físico e psíquico do trabalhador. Para Wisner (1997) os principais fatores desencadeantes de estresse físico e psíquico são os seguintes: trabalho assalariado tornou-se regra geral nas sociedades; trabalho assalariado está sujeito a um contrato de trabalho, em cujos termos a organização do trabalho é determinada pela empresa; volume, a estabilidade e a qualidade da produção parecem facilmente controlados por um dispositivo organizacional muito complexo e preciso; tempo em que se passa no trabalho, a pregnância dessa parte da vida, a concentração de poder na empresa e o caráter artificial dos atuais postos de trabalho às vezes estão na origem de riscos para a saúde, mas fornecem também os meios de prevenir de forma eficaz eventuais dificuldades.

2.6 Aspectos Biomecânicos Relacionados ao Trabalho

Para a melhor compreensão sobre os mecanismos posturais e sua manutenção perante as situações exigidas no trabalho e na vida cotidiana, Iida (2003), aponta as interações entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos envolvidos. O autor analisa a questão das posturas corporais no trabalho e a aplicação de forças. Faz referência ao manuseio de produtos e instalações físicas, que se forem inadequadas e realizadas biomecanicamente incorretas, podem ser motivo para o surgimento de tensões musculares, dores e fadiga. Dul e Weerdmeester (2004), descreve os princípios mais importantes da biomecânica para a Ergonomia. Ressalta que as articulações devem ocupar uma posição neutra; conservar pesos próximos ao corpo; evitar curvar-se para frente; evitar inclinar a cabeça; evitar torções de tronco e movimentos bruscos que produzem picos de tensão; alternar posturas e movimentos; restringir a duração do esforço muscular contínuo; prevenir a exaustão muscular e opção por pausas curtas e frequentes. O movimento humano é um sistema de comportamento físico marcado por normas, regras e convenções que, adapta as condições em respostas anátomo-fisiológicas e biomecânicas do corpo e, através de sua estrutura biológica, permite a produção de força através da contração muscular, transformando o corpo num sistema independente possibilitando o movimento. A biomecânica utiliza as leis da física e conceitos de engenharia para descrever os diversos movimentos realizados pelo corpo humano durante toda a atividade, seja ela profissional ou atividades normais de vida diária. Chaffin *et al.*, (2001) definem a biomecânica como uma ciência multidisciplinar, que deriva dos conhecimentos das ciências físicas, biológicas e comportamentais, além dos conhecimentos sobre a engenharia.

Quando um músculo está contraído, segundo Pereira (2000), há um aumento da pressão interna, provocando um estrangulamento dos capilares, isto faz com que o sangue deixe de circular nos músculos contraídos, quando estes atingem 60% da contração máxima. Este fenômeno não ocorre se a contração atingir apenas 15% ou 20% da força máxima do músculo, ou seja, a circulação continua de forma satisfatória. Desta forma, pode-se entender que, de um músculo com má nutrição sanguínea surge à fadiga rapidamente. O ideal é a alternância, ou seja, oferecer condições em que o músculo contraia e relaxe de

forma alternada, onde ele próprio trabalhe como uma bomba sanguínea e, conseqüentemente, receba maior quantidade de oxigênio, tornando-se, assim, mais resistente à fadiga. Comentando a respeito do trabalho físico muscular, Grandjean (1998), relata que a fisiologia do trabalho distingue duas formas de esforço muscular, quais sejam, o trabalho muscular dinâmico e trabalho muscular estático.

As posturas constituem um reflexo de uma série de imposições da atividade a ser realizada. A postura é um suporte à atividade gestual do trabalho e um suporte às informações obtidas visualmente. A postura é influenciada pelas características antropométricas do operador e características formais e dimensionais dos postos de trabalho. Para Knoplich (1996), estes constituintes anatômicos são as vértebras, discos, articulações e músculos. Ressalta, ainda, que a postura estática é o equilíbrio do organismo do homem na posição parada (de pé, sentado ou deitado), numa situação que não cause nenhum dano às estruturas, e não produza dor quando essa posição for mantida durante muito tempo.

Santos (1996) caracteriza a postura “padrão” como uma postura de alinhamento esquelético refinado em um arranjo relativo das partes do corpo, em estado de equilíbrio que protege as estruturas de apoio do corpo contra lesão ou deformidade progressiva. A postura é o arranjo relativo das partes do corpo. A boa postura promove o equilíbrio entre as estruturas de suporte do organismo, possibilitando que o sistema músculo-esquelético desempenhe suas funções com maior eficiência. Por oclusão, a má postura é aquela em que o relacionamento entre as várias partes do corpo induz a uma agressão às estruturas de suporte, promovendo fadiga e aumento do processo degenerativo. Na concepção de Barreira (1989), as diversas posturas (em pé, deitado, sentado, inclinado à frente, agachado) podem, durante o repouso e o trabalho, ser realizadas em condições mais adequadas, para que os músculos possam desempenhar suas funções mais eficientemente. Em contrapartida, descreve que a má postura consiste numa falta de relacionamento das várias partes que o corpo assume na preparação do próximo movimento.

São diversas as características de trabalho que têm uma influência direta sobre a postura do executante às quais, Laville (1977), descreve como as principais: Exigências visuais: precisão de detalhes que devem ser percebidos, o que determinará a distância olho – tarefa; plano no qual estão situados, o que determinará o eixo visual e, portanto, a orientação da cabeça; amplitude do espaço que deve ser inspecionado, o que determinará a amplitude de movimento da cabeça; Exigências de precisão de movimentos: um movimento preciso necessita, em geral, de imobilização dos segmentos corporais que não participam do movimento. A precisão é aumentada quando o movimento é executado diante do plano frontal do corpo e bastante próximo ao eixo corporal; Exigências da força a ser exercida: resistência dos comandos, pesos dos instrumentos, cargas e deslocar.

Durante a jornada de trabalho, o profissional assume posturas corporais específicas para o melhor desenvolvimento de suas atividades, adotando posturas antifisiológicas que segundo Coury (1995), é devido à imposição de cargas físicas intensas ou

a não observância de padrões ergonômicos nos postos de trabalho. Pereira (s/d) relata que o trabalho em pé apresenta-se ideal sob o ponto de vista do gasto energético, porém, promove distúrbios osteomusculares e contribui para o sedentarismo. A posição sentada dificulta o retorno venoso e linfático, pois a pressão na parte posterior das coxas funciona como importante obstáculo.

2.7 Diferentes Terminologias Utilizadas

Encontra-se na literatura específicas várias denominações a respeito das afecções que podem acometer tanto a estrutura óssea como também as partes moles (tendões, sinóvias, músculos, nervos, ligamentos), afecções estas que resultam de dor, inflamação e distúrbios neurovasculares, podendo levar o indivíduo à degradação de sua funcionalidade e até desequilíbrio emocional.

Para Nascimento & Moraes (2000) conceituam algumas denominações que dizem respeito às afecções relacionadas ao trabalho como: LTC: (lesão por trauma cumulativo), termo pouco citado; DMO: (distúrbio músculo-esquelético ocupacional), também pouco referido; LER: (lesão por esforços repetitivos), termo mais conhecido e citado nas literaturas, porém não o mais correto para designar as doenças ocupacionais; DORT: (distúrbio osteomuscular relacionado ao trabalho), denominação mais recente e está sendo adotada oficialmente pela Norma do INSS, em vigor desde o segundo semestre de 1997. Algumas terminologias se classifica quanto ao que seria ou não uma doença ocupacional ou relacionada ao trabalho. Salienta que, quando a exposição a um risco no local de trabalho associa-se diretamente a um resultado à saúde, o termo “doença ocupacional” é apropriado. Quando no trabalho existem múltiplos fatores associados à doença e até quando as exposições não ocupacionais podem produzi-la, deve ser adotado o termo “doença relacionada ao trabalho”. O termo “doença” é apropriado quando o resultado para a saúde apresenta um claro processo ou agente patológico. O termo “distúrbio” é corretamente utilizado quando alguns dos resultados são de patogênese incerta, podendo consistir de sintomas sem sinais óbvios. Descreve, ainda que, no trabalho, o sistema osteomuscular sofre a atuação de uma ampla variedade de fatores que, dependendo da força e duração, podem implicar em alterações na saúde osteomuscular, sendo que aqueles que agravam os distúrbios osteomusculares são conhecidos como fatores de risco para os DORT.

Para Cruz *et al.* (2001), os avanços nos estudos dos grupos de patologias têm identificado que o esforço repetitivo não é o único fator causal. Aliados a este, associa-se uma série de fatores que contribuem para o surgimento desta patologia, que são inerentes à organização do trabalho, como o ritmo acelerado e a jornada prolongada de trabalho, condições ambientais inadequadas. Além disso, pode-se considerar, os fatores psicossociais do trabalho, como conflitos no relacionamento profissional com colegas e chefias. Por este motivo foi criada a denominação dos DORT, como sendo a mais recente e mais abrangente, pois as doenças ocupacionais estão diretamente relacionadas à situação do trabalho, englobando não somente o

esforço repetitivo, mas principalmente má postura, mobiliário inadequado, fatores ambientais e outros. Assim, os DORT não é resultante somente de um fator, mas de uma série de fatores interligados que geram a queda na produtividade, até a incapacidade funcional.

Analisar o risco é analisar a situação que o produziu e como o trabalhador reagiu ou pode reagir a esta situação. Para Leite (2004), define fator de risco como toda e qualquer situação que coloca o trabalhador a mercê de um possível adoecimento, que pode ser derivada de diversos fatores, como a postura em que o trabalhador é submetido para cumprir as exigências de suas atividades, os movimentos inadequados realizados com uma determinada frequência, mobiliários inadequados que não possibilitem uma permanência confortável do trabalhador durante a jornada de trabalho, fazendo com que ele mesmo procure as adaptações que lhes pareçam mais confortáveis.

3. Metodologia Aplicada

Trata-se de um estudo quali-quantitativo, por caracterizar-se pelo emprego da quantificação visando à precisão dos resultados evitando distorções de análise e interpretação e, possibilitando, conseqüentemente, uma margem de segurança quanto às inferências e, qualitativo, no qual o pesquisador obtém “medições” que apresentam maior validade interna, pois as observações não estruturadas permitem conhecer detalhes que os instrumentos estruturados (questionários) não podem obter. Partiu-se de uma abordagem descritiva que possibilitou descobrir e classificar a relação entre variáveis e descobrir as características do fenômeno da pesquisa.

Segundo Richardson (1999), nos estudos de natureza descritiva, propõem-se investigar o que é, ou seja, a descobrir as características de um fenômeno como tal. Nesse sentido, são considerados como objeto de estudo uma situação específica, um grupo ou um indivíduo. De uma população de 24 colaboradoras de todo a linha de produção, totalizando 100% dos trabalhadores deste setor, participaram da amostra 08 colaboradoras do setor de Tecelagem Circular, representando um total de 33,33% do universo pesquisado, o que significa uma amostra representativa permitindo conhecer com profundidade as possíveis problemáticas encontradas neste posto de trabalho. A entrevista é a técnica que permite o desenvolvimento de uma estreita relação com as pessoas. Para Richardson (1999), “a entrevista pode variar de uma comunicação plenamente bilateral a uma unilateral”. Para Marconi & Lakatos (1999), existem diferentes tipos de entrevistas que variam de acordo com o propósito do entrevistador: “Padronizada ou estruturada: o entrevistador segue um roteiro pré-estabelecido onde às perguntas estão predeterminadas. Despadronizada ou não estruturada: o entrevistado tem liberdade de desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. As perguntas em geral são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversação informal. O entrevistado responde de acordo com o que ele considera os aspectos mais relevantes de determinado problema. Obtém-se dessa forma informações do entrevistado, conhece opiniões ou atitudes. Painel: consiste na repetição de perguntas,

de tempo em tempo, às mesmas pessoas, a fim de estudar a evolução das opiniões em períodos curtos”.

A técnica de fotos utilizada nesta pesquisa buscou a reprodução fiel das diversas situações observadas através do vídeo institucional e na planta fabril localizada no bairro do Morro da Liberdade em Manaus da Amapoly Indústria e Comércio LTDA. Esta técnica é indispensável para analisar situações complexas. Esta técnica foi realizada para complementação das demais com o intuito de acompanhar o comportamento das colaboradoras em situações de diferentes picos de movimento. Buscou-se, também, realizar os dimensionamentos dos postos de trabalho em que das colaboradoras estão envolvidas e as medidas referentes às condições ambientais (iluminação, ruído, temperatura, velocidade e umidade do ar) no qual estão submetidos. Utilizou-se de um questionário em Anexo I baseado no *Check List* de Couto (2000) com questões fechadas, referentes às necessidades do presente trabalho. Para o auxílio da confecção do questionário o autor auxiliou-se dos seguintes questionários descritos por Miranda & Dias (1998), para avaliar as condições ergonômicas e organizacionais e o Questionário Nórdico Padronizado para Análise dos Sintomas Músculo-Esqueléticos (CHAFFIN & ANDERSONN, 2001).

O instrumento foi subdividido em cinco partes: O primeiro trata de um formulário contendo 11 perguntas de Análise Ergonômica: Com data, Unidade, Área, Linha e nº, Equipamento/Máquina, Título do problema/preocupação ergonômica contendo: Descrição da tarefa, principais aspectos de dificuldades referidos pelas colaboradoras, sequência de ações técnicas e risco ergonômico suspeito: Descrição da atividade, riscos ergonômicos suspeitos, partes do corpo, gravidade AMB e solução. Fatores complementares: posturas para trabalhar, método/turno, tempo de ciclo, ritmo, taxa de ocupação, tempo de trabalho, ambiente. Evidências. Identificador. Instrumentos de Avaliação Complementar. Conclusão quanto ao risco ergonômico. Critério de Prioridade. Medida de melhoria ergonômica. Medidas visando o controle do risco ergonômico. A segunda parte, apresenta o *Check List* de Couto – Versão Dezembro/2000, Contendo 6 perguntas e subitens da Avaliação Simplificada do fator Biomecânica nos Riscos para Distúrbios Músculos-Esqueléticos de Membros Superiores Relacionados ao Trabalho: Sobrecarga Física, Força com as Mãos, Postura no Trabalho, Posto de Trabalho, Repetitividade e Organização do Trabalho, Ferramenta de Trabalho e Critério de Interpretação. A terceira parte apresenta Índice de Sobre Carga Biomecânica. Os dados demográficos considerando-se as variáveis idades, sexo, altura e peso, buscando traçar o perfil do universo estudado; na segunda, consta o dado referente às questões ergonômicas e organizacionais do trabalho composto por 17 perguntas, objetivando conhecer individualmente as condições atuais de realização das suas atividades, considerando a aspectos técnicos (máquinas, *layout*, mobiliário), aspectos organizacionais (divisão do trabalho, o número e a duração das pausas, trabalho em turnos, ritmo de trabalho, etc) e, ainda, os aspectos posturais; e, a terceira, busca avaliar as condições de trabalho através de seis (06) questões com a finalidade de obter os dados relativos às condições favoráveis ou desfavoráveis aos usuários; as quartas

abordam questões referentes às condições ambientais compostas por seis 06 perguntas, considerando-se os níveis de ruído, temperatura, luminosidade, vibração e toxicologia do ar; e a quinta, trata da avaliação das *condições físicas* com 2 perguntas, objetivando identificar a origem dos possíveis problemas, os movimentos ou posturas adotados ou realizados com maior grau de dificuldades, condições músculos-esqueléticos, apresentação de algias (dores), e qual ou quais os locais do corpo que apresentam algum tipo de acometimento para verificar se há correlação com a atividade realizada.

Através do questionário procurou-se obter informações qualitativas e quantitativas sobre as reais situações em que das colaboradoras de produção executam suas atividades (ergonômicas ambientais e organizacionais). Com o instrumento previamente elaborado, aplicou-se um teste piloto a uma amostra de 08 voluntárias, para comprovar a efetividade do mesmo, diminuindo assim a margem de erros. Após a aprovação, aplicou-se o questionário definitivo. “A análise documental é uma série de operações que visam estudar e analisar um ou vários documentos para descobrir as circunstâncias sociais e econômicas com as quais podem estar relacionados”. Trabalha diretamente sobre os documentos e o objetivo básico é a determinação fiel dos fenômenos sociais”, (RICHARDSON, 1999). Caracteriza-se como a fase da pesquisa que tem o intuito de recolher informações sobre o campo de interesse. “O levantamento de dados é o passo inicial de qualquer pesquisa científica podendo ser feito através da pesquisa documental (ou fontes primárias) e pesquisa bibliográfica (ou fontes secundárias)” (MARCONI & LAKATOS, 1999).

Na pesquisa documental, a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo as fontes primárias, os quais podem ser recolhidos no momento em que os fatos ocorrem ou depois. Considera-se documento qualquer informação em forma de texto, imagens, sons, sinais em papel/madeira, gravações, pinturas e outros. “Podem ainda ser classificados como documentos oficiais (editoriais, leis, atas, relatórios etc.) e documentos jurídicos oriundos de cartórios, inventários, testamentos, escrituras, atestados de nascimentos, óbitos e outros” (FACHIN, 2001).

4. Apresentando o Estudo de Caso

A Empresa Amapoly Indústria e Comércio Ltda, está localizada no estado do Amazonas, Zona Sul da Cidade de Manaus, na Rua São Benedito, nº 170 Bairro Morro da Liberdade, possui área construída de 10.095,99 m², atualmente dispõe de 285 colaboradores efetivos, distribuídos em turnos de trabalho (matutino, vespertino e noturno). Tendo como ramo de atividades composto na fabricação de LONAS E COBERTURAS (LAMINADOS). Pertencem ao Grupo empresarial SÃO PAULO ALPARGATAS S.A. e CAMARGO CORREA S.A.. Funcionando há 33 anos na capital amazonense, é a fábrica do grupo São Paulo Alpargatas responsável pela unidade de negócio têxtil, produzindo dentre outros tipos de laminados, lonas para agroindústria; para o mercado marítimo; laminados para *banners*; projeção de imagens; coberturas solares.

A fábrica possui em seu quadro de colaboradores atuando em diversificados setores da unidade de negócio, entre a Administração, RH, Produção, Engenharia de Manutenção. Funcionando 24 horas em turnos de 8 horas de trabalho diário, a Amapoly possui uma produção pronta e apta para atender a demanda de todo o território nacional, visando com isso, dentro da elaboração de todo um planejamento estratégico, futuramente atender o mercado internacional e tentar colocar o Brasil no cenário das indústrias têxtil internacional produtores de lonas e laminados. A empresa mantém, dentre outras conquistas, a certificação NBR ISO 9001:2000 para garantir e assegurar ainda mais, a qualidade de seus produtos e manter a confiabilidade de seus clientes.

4.1 Levantamento de Dados com relação à Biomecânica Postural

Para a melhor compreensão sobre os mecanismos posturais e sua manutenção perante as situações exigidas no trabalho e na vida cotidiana aponta as interações entre o trabalho e a colaboradora sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos envolvidos das colaboradoras do Setor de Tecelagem Circular.

O estudo analisa a questão das posturas corporais no trabalho e a aplicação de forças. Faz referência ao manuseio nos equipamentos dos postos críticos de trabalho e instalações físicas, que se forem inadequadas e realizadas biomecanicamente incorretas, podem ser motivo para o surgimento de tensões musculares, dores e fadiga como mostra as Figuras 1.



Figura 1: Mostra a colaboradora iniciando suas atividades.

Os princípios mais importantes da biomecânica para a Ergonomia. No caso das colaboradoras da Amapoly Indústria e Comercio LTDA ressalta que as articulações devem ocupar uma posição neutra; conservar pesos e flexões próximos ao corpo; evitar curvar-se para frente; evitar inclinar a cabeça; evitar torções de tronco e movimentos bruscos que produzem picos de tensão; alternar posturas e movimentos; restringir a duração do esforço muscular contínuo; prevenir a exaustão muscular e opção por pausas curtas e frequentes por se tratar de uma atividade onde as colaboradoras trabalham em pé durante 8 horas diárias exercendo atividades conforme a Figura 2.



Figura 2: Mostra a colaboradora puxando a base do Piso da Máquina da Tecelagem Circular.

Esse movimento humano é um sistema de comportamento físico marcado por normas, regras e convenções que, na opinião de muitos, adapta as condições em respostas anátomo-fisiológicas e biomecânicas do corpo e, através de sua estrutura biológica, permite a produção de força através da contração muscular, transformando o corpo num sistema independente possibilitando o movimento. A biomecânica utiliza as leis da física e conceitos de engenharia para descrever os diversos movimentos realizados pelas colaboradoras durante toda a atividade, seja ela profissional ou atividades normais de vida diária, principalmente quanto se refere às atividades onde requer esforço físico demais e cujo tempo médio das 14 atividades permitem que se tenha um ciclo de tempo de operação inferior a 40 segundos a Figura 3 mostra exatamente isso sem contar o tempo em que a colaboradora vai buscar as bobinas com fiação.



Figura 3: Mostra a colaboradora ajustando a base da Máquina de Tecelagem Circular.

Figura 4: A colaboradora tirando a Bobina.

Neste caso a biomecânica como uma ciência multidisciplinar, deriva dos conhecimentos das ciências físicas, biológicas e comportamentais, além dos conhecimentos sobre a engenharia de processo e dentro dela requer um conhecimento de ergonomia onde as relações de *homem x máquina* tornam-se mais prazeroso. Observe na Figura 4 a colaboradora se esticando com os membros superiores de forma inadequada e na parte de baixo da Figura 4 mostra de maneira tímida a colaboradora de ponta de pé para alcançar a execução da tarefa. O trabalho considera que no estudo multidisciplinar, a força que é empregada nos movimentos e/ou atividades se traduz como variável de grande importância, onde os esforços podem ser tanto ocasionais, quanto bastante

repetitivo. Ambos se realizados demasiadamente, podem levar a um estresse biomecânico, resultando em lesões graves e incapacitantes as colaboradoras atingindo dores nas costas na medida em que esse esforço e repetido por várias vezes durante o ciclo de trabalho.

As estatísticas de lesões ocupacionais indicam que as combinações de traumas por impacto e por esforço excessivo são as causas principais de incapacidade das colaboradoras. Por isto, faz-se necessário o conhecimento minucioso de biomecânica ocupacional para o entendimento do mecanismo da lesão, assim

como para traçar estratégias de prevenção que permitam as colaboradoras realizar de forma segura suas tarefas e, acima de tudo, respeitando sua capacidade durante toda a vida laboral, haja vista que nos postos críticos estudados permitiram a análise diante avaliação dos principais aspectos de dificuldades referidos aos problemas ergonômicos como mostra a Figura 5.



Figura 5: Seqüência de atividades.

A biomecânica ocupacional prioriza a interação física das colaboradoras com suas ferramentas, máquinas e materiais, objetivando a melhora de sua performance e minimização dos riscos de distúrbios músculo-esqueléticos. Os DORT foram reconhecidos e estabelecidos no Brasil, pelo Instituto Nacional de Seguridade Social – INSS no final da década de 90, designado como sendo um conjunto de doenças que atingem músculos, tendões, nervos e vasos dos dedos, das mãos, punhos, antebraços, braços, ombros, pescoço e coluna vertebral. São provocados por atividades profissionais que exigem das colaboradoras movimentos manuais repetitivos, contínuos e de grande intensidade, associados a uma organização do trabalho e equipamentos inadequados (neste caso o equipamento não é inadequado, mas sim a forma como as colaboradoras trabalham no processo devido as suas alturas em média 1,55m, conforme constatado no posto de trabalho cuja área é muito dimensionada de forma que o torne inadequada para operação).

Os DORT como patologia multifatorial e, devido a isto, há falta de clareza sobre o processo patogênico que segundo as autoridades brasileiras permitem ainda que as colaboradoras sejam lesionadas sem se quer ter o direito de reivindicar uma infraestrutura adequada de trabalho visando assim uma relação de conforto no ambiente de trabalho. Devido a esta falta de clareza sobre o processo patogênico, e devido à multiplicidade dos fatores causais, dentre eles os relacionados ao trabalho, adotou-se o termo distúrbio, no qual os DORT tornou-se ainda

mais conhecida. Sendo assim, atualmente refere-se às patologias não mais como lesões, e sim como distúrbios. A combinação dos elementos desencadeadores e da solicitação física resulta no uso abusivo dos músculos e tendões, elevando o risco de lesões quando associados a movimentos rápidos e repetitivos em ação nos quais prevalecem as contrações musculares estáticas e posturas inadequadas. Na verdade os DORT classificam os fatores de risco como uma desordem músculo-esquelética, advindos de qualquer anormalidade temporária ou permanente do sistema músculo-esquelético resultando em dor ou desconforto. Na Figura 6 mostra, as posturas inadequadas podem conduzir a problemas músculos-esqueléticos.



Figura 6: Posição inadequada prejudicando a coluna lombar.

As tais posturas encontradas pelas colaboradoras no processo fabril da Amapoly, mostram que as posturas mais graves são as combinadas como a elevação dos ombros, flexão dos ombros com torção ou inclinação lateral da cabeça, posturas extremas dos cotovelos, como flexão, extensão, pronação, supinação; movimentos extremos dos punhos como flexão, extensão total, desvio radial e ulnar. Os tendões, sinóvias, músculos, nervos, fâscias e ligamentos são as estruturas mais acometidas pelos DORT. Todas apresentam em comum o fato de serem constituídas por tecido conjuntivo com características físicas, bioquímicas e funcionais especiais, voltadas para transmitir cargas, transformar energia para produzir movimentos, transmitir impulsos elétricos e estabilizar as articulações. Pode-se dizer que os Fatores Biomecânicos encontrados nas atividades colaboradoras, dados estes mostram à problemática, as recomendações e os resultados esperados conforme quadro 1.

Quadro 1: Análise dos Aspectos Biomecânicos.

ANÁLISE DOS ASPECTOS BIOMECÂNICOS		
Problemática	Recomendação	Resultados Esperados
Posturas inadequadas das regiões cervical, dorsal, lombar e sacra.	Exercícios ginstásticos específicos para as regiões descritas.	Prevenção de dores e fadiga muscular nas regiões cervical, dorsal, lombar e sacra.
Postura bipéde sem alternância de base.	Exercícios ginstásticos, compra de tapetes ergonômicos.	Prevenção de lesões e fadiga muscular na região metacárpica.
Sobrecarga excessiva nos músculos dos punhos e das mãos.	Exercícios de alongamento para a região descrita.	Prevenção de dores e lesões lombares.
Ausência de pausa.	Adoção de pausa em períodos estabelecidos.	Prevenção de fadiga muscular.
Transporte manual de peso.	Confecção de implementos de auxílio do transporte.	Prevenção de estresse físico.
Repetitividade.	Ajuste no revezamento entre setores, conforme biótipo.	Prevenção dos DORT

Fonte: Amapoly Indústria e Comercio Ltda, (2013).

4.2 Iluminação quanto: Avaliação quantitativa de Níveis de Luminância (LUX)

Tabela 1: Avaliação Quantitativa de Níveis de Iluminância (Lux) – Segurança Nº 03 – Período Diurno.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA (LUX) – SEGURANÇA Nº 03 – PERÍODO DIURNO				
SETORES	ILUMINÂNCIA (LUX)			NBR 5413
	A	N	A + N	
Gerencia da Produção/Manutenção				
Mesa do Gerente de Produção	600			500
Mesa do Gerente de Desenvolvimento	711			500
Mesa do Assistente	710			500
Mesa do Auxiliar de Apoio	658			500
Mesa do Micro	652			500
Tecelagem (Liba)				
➢ Posto de Abastecimento	160			500
➢ Frente do Posto	903			500
➢ Fundo do Posto	100			500
Laboratório				
➢ Mesa da tiragem de Amostras			420	500
➢ Micro			354	500
➢ Bancada			376	500
Urdideira	156			200
Abastecimento Roca PVC	136			200
Oficina Mecânica				
➢ Mesa	199			500
➢ Bancada	135			500
Fiação				
➢ Bancada do Encarregado			222	500
Abastecimento da Betoneira			432	200
Funil da Fiação			430	200
Estiro	232			200
Roca de P.E	151			200
Manutenção/Fiação	75			200
Revisão de P.E				
➢ Guilhotina			186	200
➢ Algutnados			194	200
➢ Moinho	220			200
➢ Estrusora			270	200
➢ Picotador			310	200
➢ Bancada do Encarregado			252	500
A = Luz Artificial N = Luz Natural A + N (Luz Natural + Luz Artificial)				

Notas: Com a revogação do Anexo nº 04 da NR 15, através da Portaria 3.751 de 23/11/1990, passaremos a mencionar os valores de iluminância para fins ergométricos, onde N – Natural, A – Artificial, C/Aux - com iluminação auxiliar, e N + A – natural e Artificial.

das colaboradoras são: Força excessiva ao realizar Tarefas; Repetitividade; Postura Inadequada e Compressão Mecânica de estruturas delicadas; Organizacionais no Trabalho: Mobiliário; Pressão de Produção; Urgência em Executar Tarefas; Condições precárias de Trabalho (falta de material e pessoal) e Esquema Rígido; Sociais: Dupla Jornada de Trabalho; Questões Salariais; Repouso Insuficiente; Correria das grandes Metrôpoles e Sedentarismo. De acordo com os dados obtidos pela Amapoly Indústria e Comercio Ltda retrata as análises dos aspectos Tabela

Tabela 2: Avaliação Quantitativa de Níveis de Iluminância (Lux) – Segurança Nº 03 – Período Diurno.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA (LUX) – SEGURANÇA Nº 03 – PERÍODO DIURNO				
SETORES	ILUMINÂNCIA (LUX)			NBR 5413
	A	N	A + N	
Revisora PVC				
➢ Máquina Bobinadora 1			300	300
➢ Máquina Bobinadora 2			527	300
➢ Embalagem 1			1635	300
➢ Embalagem 2			385	300
➢ Mesa do Encarregado			597	500
Despacho				
➢ Mesa de Encademação			870	500
Expedição				
➢ Mesa do Encarregado	235			500
➢ Micro	115			500
Laminação				
➢ Abastecimento	105			300
➢ Cabine de Comando	605			500
➢ Mesa do Encarregado	121			300
➢ Entrada de Abastecimento Subtrato	121			500
➢ Saída de Abastecimento Subtrato	142			300
➢ Dosador	141			300
➢ Estoque	60			300
➢ Corte	103			300
Inspeção de P.E				
➢ Embalagem 1	142			300
➢ Embalagem 2	110			300
➢ Inspeção	60			500
Abastecimento da Bobinadora	126			300
Tecelagem Ribeiro				
➢ TA Ribeiro 31 - Frente	101			500
➢ A Ribeiro 31 - Fundo	325			500
A = Luz Artificial N = Luz Natural A + N (Luz Natural + Luz Artificial)				

Notas: Com a revogação do Anexo nº 04 da NR 15, através da Portaria 3.751 de 23/11/1990, passaremos a mencionar os valores de iluminância para fins ergométricos, onde N – Natural, A – Artificial, C/Aux - com iluminação auxiliar, e N + A – natural e Artificial.

Fonte: Amapoly Indústria e Comercio Ltda, (2013).

Tabela 3: Avaliação Quantitativa de Níveis de Iluminância (Lux) – Segurança N° 03 – Período Diurno.

PERÍODO DIURNO				
SETORES	ILUMINÂNCIA (LUX)			NBR 5413
	A	N	A + N	
➢ Revisão de Lam de Polietileno	288			500
➢ Bancada de Embalagem	80			500
Setor de Lam de Polietileno				
➢ Operação de Laminação	54			300
➢ Cabine de Comando	450			300
➢ Dosador Automático	75			300
Tecelagem Ribeiro Plana				
➢ Tecelagem Circular	174=212			
➢ Gaiola Circular	10=132			
➢ Urdideira	308			
Oficina da Tecelagem				
➢ Bancada das Oficinas	133			500
➢ Mesas das oficinas	222			500
➢ Tecelagem Ribeiro n° 35	230			
Tecelagem de Poliéster (Liba)				
➢ Urdideira Karl Mayer	214			
laboratório	206			
➢ Área Administrativa				
➢ Analista de Laboratório	317			
➢ Auxiliar de Laboratório	326			
➢ Bancada	358			500
Oficina da Tecelagem Liba				
➢ Bancada 1	203			500
➢ Bancada 2	145			500
Dry Bland				
➢ Silo Dry Bland	115			200
➢ Batedor	88			200
Zimmer				
➢ Operador Extrusora	270			200
➢ Operador Calandra	173			200
➢ Inspetor Zimmer	805			500
A = Luz Artificial N = Luz Natural A + N (Luz Natural + Luz Artificial)				

Notas: Com a revogação do Anexo n° 04 da NR 15, através da Portaria 3.751 de 23/11/1990, passaremos a mencionar os valores de iluminância para fins ergométricos, onde N – Natural, A – Artificial, C/Aux - com iluminação auxiliar, e N + A – natural e Artificial.

Fonte: Amapoly Indústria e Comercio Ltda, (2013).

Tabela 4: Avaliação Quantitativa de Níveis de Iluminância (LUX) – Segurança n° 03 Período Diurno.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA (LUX) – SEGURANÇA N° 03 – PERÍODO DIURNO				
SETORES	ILUMINÂNCIA (LUX)			NBR 5413
	A	N	A + N	
Setor Mesa Revisora				
➢ Inspetor de Qualidade	514			500
➢ Auxiliar de Produção	149			300
Setor de Fiação				
➢ Área da Betoneira	134			200
➢ Fiandeira	244			200
Recuperadora de Polietileno				
➢ Área dos Moinhos	95			200
Setor Extrusora				
➢ Picotagem	325			200
➢ Funil de Alimentação	328			200
A = Luz Artificial N = Luz Natural A + N (Luz Natural + Luz Artificial)				

Notas: Com a revogação do Anexo n° 04 da NR 15, através da Portaria 3.751 de 23/11/1990, passaremos a mencionar os valores de iluminância para fins ergométricos, onde N – Natural, A – Artificial, C/Aux - com iluminação auxiliar, e N + A – natural e Artificial.

Fonte: Amapoly Indústria e Comercio Ltda, (2013).

4.3. Conforto Térmico

O ambiente de trabalho mostra as atividades das colaboradoras em um ambiente completamente quente onde ser humano possui certo grau de adaptação tanto a climas quentes quanto a climas frios. Pode-se dizer que nossa possibilidade de

autoproteção é maior aos climas frios, porém no trabalho a adaptação ao frio passa necessariamente pelo uso de roupas pesadas e muitas vezes desconfortáveis e limitadores dos movimentos, neste caso as colaboradoras executam suas atividades de trabalho com roupas simples (macacão, botas, tocas, protetor auricular devido aos ruídos dos equipamentos e em alguns casos luvas). No trabalho em ambientes com temperaturas internas superiores a 40° C, o organismo passa a ter como uma das prioridades a dissipação do calor corpóreo, perdendo assim uma quantidade significativa de possibilidade de trabalho físico. A adaptação do ambiente de trabalho às características das colaboradoras passa por uma série de medidas que vão desde a pausa de recuperação até a seleção adequada de pessoal. Há uma queixa de calor relatada pelas colaboradoras da Amapoly.

4.3.1 Características Básicas do Ser Humano Trabalhando em Ambiente Quente

As colaboradoras são dotadas de um sistema de controle capaz de lhe garantir uma temperatura interna constante mesmo diante de grandes variações de temperatura ambiente. Como as colaboradoras são classificadas como um *animal homeotérmico*, ou seja, a temperatura do seu sangue praticamente não se altera. Segundo Leite (2004), desde que adequadamente protegido, o homem consegue tolerar bem variações de -50° até 100° Centígrados. No entanto, apesar dessa faixa de tolerância, assusta-nos saber que essa mesma colaboradora não tem condições de tolerar variações de 4° C na sua temperatura interna sem que ocorra o comprometimento da capacidade física e mental e risco de vida. Caso a temperatura interna (do sangue que chega ao cérebro) aumente significativamente (acima de 42° centígrados), corre-se o risco de haver a desnaturação das proteínas orgânicas (estado em que as proteínas não são destruídas, mas têm seu estado coloidal alterado), e que teria como consequência a morte. No outro extremo, caso a temperatura do corpo baixasse excessivamente (abaixo de 33° C), as enzimas corpóreas teriam seu efeito inibido, o que na prática também corresponde ao óbito. É mais difícil para as colaboradoras se adaptarem a altas temperaturas do que às baixas temperaturas.

A adaptação a altas temperaturas apresenta um problema especial: a própria atividades energéticas das colaboradoras são de baixíssimo rendimento, ou em outras palavras, produz muito calor interno. Assim, qualquer ambiente de altas temperaturas pode gerar distúrbios orgânicos, o que não ocorre facilmente nos ambiente de baixas temperaturas.

Quanto mais intenso for o trabalho, tanto menor será a tolerância das colaboradoras ao ambiente quente; quanto mais quente o ambiente de trabalho, tanto menor a tolerância da colaboradora à atividade física e mental. Como o trabalho no processo de produção da Amapoly não relacionado a ambientes com temperaturas altíssimas, ruídos não apresentaremos uma análise mais detalhada do caso.

4.4 Análise de Resultados nos Processos de Avaliação para Prevenção de Riscos Ergonômicos nos Postos Críticos de Trabalhos

❖ Quanto a Biomecânica Postural ao Risco Ergonômico

Sabendo-se que a Ergonomia tem por objetivo adequar o trabalho às características das colaboradoras, sejam físicas, sejam psíquicas, é necessário que tenhamos conhecimentos mínimos de como nosso organismo funciona e quais são as limitações do nosso corpo, para que possa desenvolver projetos que correspondam a tais características. Na análise postural, verificamos um exemplo de como é importante para a colaboradora conhecer as limitações do seu corpo e como este pode se sobrecarregar, com o intuito de buscar soluções para os problemas diagnosticados:

- ❖ Nas atividades encontradas, verificou-se que a colaboradora, apesar de trabalhar numa postura variada, mas na sua maioria em pé, sentia fortes dores nas costas, ombros, punho esquerdo, bem como sentia dormência na parte inferior das pernas e pés por trabalhar durante 8 horas diárias basicamente em pé e muitas vezes fazendo flexão buscam no sentido de adequar as alturas para realizar suas tarefas. Feridas na altura dos joelhos foram encontradas em nos relatos de algumas colaboradoras acontecidas no período de experiência das atividades no setor e dores de cabeça também foram constatadas. Comentou-se que as dimensões do posto de trabalho encontravam-se inadequadas, bem como a especificação da linha de produção, ferramentas dentre outros problemas.
- ❖ Constatou-se que amortecimento de forças cuja finalidade é desempenhada pelos discos interveterbrais, que já conhecemos. Nas reclamações das colaboradoras mostraram que os discos promovem uma proteção essencial às vértebras, na medida em que impedem que estas sofram fraturas e dores por todo o corpo. São também os discos que promovem a ligação fibrosa entre todas as vértebras, uma a uma, auxiliando que a coluna se torne uma estrutura rígida, quando assim o desejamos, ou flexível, quando necessário.
- ❖ O amortecimento das pressões exercidas sobre o conjunto é desempenhado essencialmente pelos núcleos pulposos (NP's), que distribuem radialmente a pressão recebida. Isto equivale a dizer que o núcleo, que se encontra dentro dos anéis, tende sempre a aumentar seu diâmetro quando recebe a carga de cima para baixo, fazendo pressão sobre as paredes dos anéis que o envolvem, enquanto diminui de altura, isso foram mostrados nas figuras apresentadas no levantamento de dados e Biomecânica Postural. O resultado desta análise mostra que o disco intervertebral apresenta uma degeneração natural que se acentua a partir dos 20 anos de idade (faixa etária das colaboradoras dos postos críticos estudados são em média 26 anos), época em que as artérias que alimentam a região da coluna vertebral começam a se fechar, interrompendo a vaso-irrigação e, claro, sua alimentação como foram relatados nos questionários respondidos pelas colaboradoras.
 - ❖ Assim, o disco passa a receber alimentação de líquidos nutrientes que se encontram na região, principalmente

aqueles que permanecem no tecido esponjoso que reveste as faces superiores e inferiores dos corpos vertebrais. Contudo, claro está que quando a coluna recebe uma carga sobre o conjunto de vértebras, o líquido será expulso da região na qual se encontra naturalmente, dada a pressão ali concentrada. O comportamento é similar a uma esponja.

- ❖ Tal fato é muito importante, vez que podemos concluir que, pressionada, a coluna vertebral não se alimenta e que tal situação facilita ainda mais a degeneração dos discos intervertebrais. Sem alimentação, a característica fibro-elástica destes tende a diminuir, o que inicia um processo de rompimento das paredes dos anéis que envolvem o NP, toda vez que este tenta se deslocar de sua origem.
- ❖ A função de amortecimento, pois, vai diminuindo à medida que a idade do indivíduo aumenta. Situações agudas, que promovem rompimento repentino de grande número de anéis fibrosos, causam lesões que serão comentadas mais adiante. Por isso é importante criar uma cultura entre as colaboradoras, onde possam apresentar os fatores complementares tais como: postura para trabalhar, utilizar diferença de método, analisar o tempo de ciclo, para verificar se é compatível ou não, a existência de ações técnicas distintas no ciclo de trabalho, ritmo de trabalho, taxa de ocupação, tempo de trabalho e alternância de tarefas para evitar esforço repetitivo e verificar o número de operações por turno/ número de movimentos repetitivos por turno e conseqüentemente por atividades diárias e o ambiente de trabalho considerando a iluminação, ruído, conforto térmico entre outros.
- ❖ A região cervical das colaboradoras apresenta a maior mobilidade (flexibilidade) de todo o sistema, seguida pela região lombar e dorsal, até atingirmos a região sacro-coccigeana, que apenas rotaciona sobre o eixo da cintura pélvica prejudicando as colaboradoras nas suas atividades normais.
- ❖ A mobilidade do conjunto, entretanto, representa não apenas flexibilidade útil para desenvolvê-lo de inúmeras tarefas efetuadas pelas colaboradoras, mas alguns riscos à região da coluna vertebral.
- ❖ Tais posturas das colaboradoras apresentadas no trabalho serão causas do aparecimento dos DORT como Hérnia de Disco, Bico de Papagaio, Cintura Escapular, Cintura Pélvica, Membros Superiores e Inferiores, bem como doenças de Articulação.

Quanto ao risco ergonômico é de extremamente importante que se considere não apenas as ações técnicas inadequadas sob o ponto de vista ergonômico, mas também a existência de mecanismos de regulação encontradas no meio fabril da Amapoly. Tais mecanismos de regulação eficientes considerados de baixa frequência da operação crítica ao longo do turno, principalmente no noturno, que é o mais comum, neste caso geralmente anulam o risco ergonômico de ações técnicas feitas em condições desfavoráveis.

É também importante avaliar a potencialização do risco ergonômico pelos fatores de organização do trabalho e pelos

fatores de natureza psicossocial encontrados na Amapoly. No Quadro II-1 mostra uma série de ações técnicas e situações em que consideradas *Hazard*, risco leve a moderado e em alto risco. Ao se descrever o risco, deve-se classificá-lo, considerando a gravidade, a (s) parte (s) dos corpos susceptíveis e quais os fatores causados do mesmo. De acordo com o *Check List* de Couto (2000), apresenta-se o resultado da pesquisa com um universo de 08 colaboradoras de linha de produção com as seguintes características:

1. Sobrecarga Física: As respostas das colaboradoras foram os seguintes: 37,5% disseram NÃO e 25% disseram SIM.
2. Força Com as Mãos: As colaboradoras apresentam uma resposta de 100% das perguntas. O que representa uma preocupação como posto de trabalho.
3. Postura no Trabalho: 100% das colaboradoras estão bastante preocupadas com a performance do setor, onde o grau de

incidência ocorrido durante a jornada de trabalho caracterizam o esforço permanente no trabalho.

4. Posto de Trabalho: 87,5% apresentam preocupação com o setor, uma vez as situações encontradas não permitem flexibilidades no posicionamento das ferramentas, nem pouco com a inclinação dos objetos localizados nas máquinas como mostra nas figuras.

5. Repetitividade e Organização no Trabalho: 100% das entrevistadas responderam SIM, o que caracterizam um esforço físico para realização das tarefas um pouco tempo numa jornada de 8 horas diárias apresentando uma alternância entre trabalhar em pé e as flexibilidades de se agachar para realizar suas tarefas.

6. Ferramenta de Trabalho: Não foi respondido por não se adequarem com a realidade de trabalho.

No Quadro 2 mostra Classificação de Movimentos, Posturas e Outros Fatores Quanto ao Risco Ergonômico e as dicas padronizadas através de atividades científicas realizadas no Brasil. Segue o modelo de Couto (2002) como referencia por se adaptarem na maioria das atividades encontradas no meio fabril brasileiro e em especial na Amapoly Industria e Comercio LTDA.

Quadro 2: Classificação de Movimentos, Posturas e Outros Fatores quanto ao Risco Ergonômico.

Classificação de Movimentos, Posturas e Outros Fatores Quanto ao Risco Ergonômico.				
Parte do Corpo	Ação Técnica Normal	Hazard	Risco	Alto Risco
Olhos	Visão para longe/Visão para perto alternada com visão para longe.	Manutenção de fixação visual para perto, com pausas bem definidas ou com atividades de descanso rotineiras.	Manutenção de fixação visual para perto como rotina de trabalho, sem pausas definidas.	Fixação visual com peça em movimento.
			Clareza incidindo diretamente ou por reflexo nos olhos	
Pescoço			Posicionamento estático. Posicionamento Estático acima da horizontal dos olhos.	Posicionamento estático fletido entre 45 e 75 graus.
Ombros e Braços	Elevação até o nível dos ombros, ação e volta ao ponto neutro.	Idem, menos que 1000 vezes por turno, esforço fácil.	Elevação acima do nível dos ombros, mais que 1000 vezes por turno, ações técnicas rápidas; ou pelos menos de 1000 vezes por turno, porém ações técnicas difíceis.	Elevação acima do nível dos ombros, mais de 1000 vezes por turno e ações difíceis ou prolongadas.
	Abdução até 45 graus	Abdução 45 a 90 graus	Sustentação em abdução sem força	Sustentação em abdução com força.
	Movimentos dentro da área de alcance normal	Movimento dentro da área de alcance máximo (menos de 1000 vezes por turno)	Movimento freqüente dentro da área de alcance máximo (mais de 1000 vezes por turno). Qualquer movimento com os braços que exija força excessiva ocasionalmente.	Movimento freqüente além da área de alcance máximo Movimento dentro da área de alcance exercendo força elevada para se empurrar peças contra resistência, causando impacto sobre os ombros

				e/ou cotovelos. Qualquer movimento que exija emprego de força excessiva constantemente.
Cotovelos	Cotovelos em posição neutra ou fletida sem sustentação de peso.	Cotovelos fletidos com sustentação de pesos ocasionalmente.	Cotovelos fletidos com sustentação de pesos frequentemente.	Cotovelos fletidos com sustentação de peso elevado e esforço estático constante.

Fonte: Couto, (2002).

Quadro 2.1: Continuação: Classificação de Movimentos, Posturas e Outros Fatores Quanto ao Risco Ergonômico.

Classificação de Movimentos, Posturas e Outros Fatores Quanto ao Risco Ergonômico.				
Parte do Corpo	Ação Técnica Normal	Hazard	Risco	Alto Risco
Antebraços	Trabalho na posição neutra Trabalho estático, porém com apoio.	Trabalho em pronação	Trabalho em supinação; alternância entre pronação e supinação mais de 1000 vezes por turno, sem esforço; ou com esforço, porém menos de 1000 vezes por turno; membro superior mantido em pronação estática.	Alternância entre pronação e supinação mais de 1000 vezes por turno e com esforço.
	Antebraços apoiados sobre superfície arredondada ou macia.	Antebraços encostados em quinas vivas ocasionalmente.	Antebraços tendo que trabalhar apoiados em quinas vivas.	
Mãos	Mão exerce a função de agarrar (preensão) e solta longo em seguida.	Mão como morsa, com mecanismos de regulação.	Mãos como morsa, sem mecanismos de regulação. Pressão com força excessiva, ocasional.	Mão como morsa, em esforço intenso.
	Pinça sem esforço	Pinça com esforço, porém com mecanismo de regulação.	Pinça com esforço, de forma prolongada.	
	Repetição do mesmo movimento menos que 1000 vezes por turno.	Repetição do mesmo movimento de 1 a 3 mil vezes por turno, com rodízio ou pausas.	Repetição do mesmo movimento de 1 a 3 mil vezes por turno, com força ou posturas incorretas, mesmo com rodízio e pausas.	Repetição do mesmo movimento mais de 6000 vezes por turno; Repetição do mesmo movimento entre 3000 e 6000 vezes por turno, exercendo força ou com posturas incorretas.
Postura para o Trabalho	Trabalhar em posturas alternadas, sentado e em pé.	Trabalhar sentado, com pouca alternância. Trabalhar de pé, com possibilidade de regulação. Trabalho de cócoras ocasionalmente.	Trabalhar de pé, parado, durante a maior parte da jornada. Trabalhar sentado durante muito tempo (mais de 6 h/dia). Trabalhar sentado, estático. Postura de cócoras com movimentação do corpo. Trabalho de cócoras constante. Trabalhar deitado com os braços elevados, ocasionalmente.	Trabalho sentado durante a maior parte da jornada, em cadeira em mais condições. Trabalho de cócoras com deslocamento do corpo. Trabalho deitado com os braços elevados constantemente. Trabalho com torção do corpo, constantemente.

Fonte: Couto, (2002).

Quadro 2.2: Continuação: Classificação de Movimentos, Posturas e Outros Fatores Quanto ao Risco Ergonômico.

Classificação de Movimentos, Posturas e Outros Fatores Quanto ao Risco Ergonômico.				
Parte do Corpo	Ação Técnica Normal	Hazard	Risco	Alto Risco
Postura para o trabalho			Trabalhar em postura de torção do corpo ocasionalmente, com mecanismo de regulação (ex. manutenção).	Trabalhar em postura de torção do corpo constantemente.
Eixo do Corpo	Corpo na posição vertical	Inclinação ocasional de tronco	Tronco encurvado até 60 graus por algum período da jornada. Torção do tronco, sem flexão com pesos moderados ou pesados, ou freqüentemente.	Permanência de tronco encurvado durante boa parte da jornada de trabalho. Torção do tronco e flexão da coluna, tendo que manusear ou levantar pesos, mesmo que leves.
	Sentado, encostado na cadeira, ângulo de 90 a 100 graus.		Sentado, com tronco em postura estática (ou seja, sem apoio para as costas).	
	Sentado, objetos na área de alcance, inclusive ao pegar a peça na esteira.	Objetos fora da área de alcance, uso ocasionalmente.	Objetos fora da área de alcance, uso freqüente, tendo que encurvar o tronco para pegá-los.	Objetos fora da área de alcance e pesados (mais de 2kg), uso freqüente.
Levantamento de cargas	Índice de Levantamento <= 0,7 (NIOSH)	Índice de levantamento até 1,2	Índice de levantamento 1,2 a 2,5.	Índice de Levantamento > 2,5 Tronco encurvado sustentando pesos.
Horas de trabalho em atividade repetitiva	Até 8h/dia, com pausas equivalentes a 17% da jornada.	Até 8h/dia, pausas equivalentes a 8% da jornada.	Até 8h/dia, pausas menores que 8% da jornada (sem pausas) Ou com pausas equivalentes a 8%, porém com horas extras de até 8h/mês.	8 h/dia e, além disso, mais que 8 h extras (continuação de jornada) por mês.

Fonte: Couto, (2002).

❖ Quanto a Iluminação

No ambiente de trabalho a iluminação adequada se constitui num dos principais itens para execução da atividade correta e do conforto das colaboradoras. A percepção visual adequada depende da iluminação (qualitativa e quantitativa) e das dificuldades das tarefas encontradas na Amapoly. Para iluminação correta dos ambientes de trabalho, dois fatores foram observados: a intensidade da iluminação (ou iluminamento) geralmente sendo expressa por lux, e a luminância ou brilho, que na verdade é a sensação de brilho e de ofuscamento percebida pelas colaboradoras a partir de uma fonte luminosa, como por exemplo, uma lâmpada, ou refletida por uma superfície conforme mostra as Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Apresentamos como sugestões, a partir das observações e nas respostas obtidas pelo questionário envolvendo das 08 colaboradoras envolvidas no processo de pesquisa. Conseqüências da Iluminação: Queda de rendimento no trabalho; Fadiga Visual.

Foram observados também erros comumente cometidos em fábricas em relação à iluminação dos postos de trabalhos observados apresentado suas conseqüências:

1. Nível insuficiente de Iluminamento – Número de lâmpadas insuficiente perto da máquina de Tecelagem Circular como pode ser observada nas figuras mostradas no estudo de caso;
2. Falta de limpeza das luminárias, reduzindo-se assim sua capacidade de refletir a lux;
3. Iluminação insuficiente para a percepção de pequenos detalhes obriga os mecanismos de convergências e acomodação a funcionarem de forma forçada, com fadiga adquirida pelas colaboradoras da linha de produção;
4. Galpão com construções largas, construídas sem iluminação natural pelo teto, o que poderia permite maior luminosidade, ajudando a clarear o ambiente de trabalho;

5. Fossem colocadas as calhas com lâmpadas próximas das máquinas, afim que não fosse permitida sombra no ambiente fabril;
6. Uso exclusivo de lâmpadas de teto nos galpões e nos postos de trabalho.

❖ Quanto à Temperatura

Ao analisarmos as atividades das colaboradoras e estudando a Avaliação Quantitativa de Níveis de Iluminância (LUX) – Segurança nº 03 Período Diurno/Noturno foi verificado que o índice estabelecido pela Amapoly difere de alguns itens colocados pelas Tabelas 1, 2, 3 e 4 em relação às NRs que estabelece critérios adotados no meio produtivo equacionando as atividades das colaboradoras dentro do processo fabril. Recomendações para as colaboradoras que trabalham em ambientes considerados quentes:

1. Cumpra rigorosamente os horários determinados para se trabalhar e os horários estabelecidos, bem como os horários determinados para fazer pausas, evitar a prática de forçar o trabalho nas primeiras horas da manhã para maior parte do tempo livre à tarde, pois isso pode ocasionar conseqüências graves;
2. Procurar verificar com o médico da Amapoly sua pressão arterial freqüentemente; caso não haja sinais de pressão alta, a colaboradora pode se beneficiar com a ingestão de uma quantidade um pouco maior de sal (por exemplo, pipoca e amendoim torrado);
3. Beber água fria à vontade, mas evitar beber água gelada;
4. Usar as roupas adequadas que lhe são fornecidas pela Amapoly, inclusive os EPIs;
5. Procurar manter sua forma física, através de ginástica laboral, pois pode facilitar a sua condição de trabalho;
6. Evitar engordar, pois isto irá comprometer muito sua capacidade de trabalhar;
7. Procurar conhecer os sinais precoces de sobrecarga térmica, como tontura, náuseas e câimbras e deixe a área quente quando estes sinais se apresentarem; e,
8. Nunca trabalhe em ambiente quente com febre ou com alguma doença que ocasione a febre.

5. Conclusões

O objetivo do trabalho foi Identificar os fatores de riscos que interferem na realização das atividades das colaboradoras, bem como a incidência dos aspectos predisponentes dos DORT. O estudo confirmou a importância da ergonomia na investigação de aspectos relacionados às doenças ocupacionais, mais especificamente os fatores causais dos DORT, e para que exista a prevenção entre as populações de risco é de suma importância que, em primeiro lugar, haja uma conscientização tanto por parte dos empregadores como das colaboradoras. As atividades das colaboradoras como evidenciado na pesquisa, é considerada de risco devido às condições em que realizam suas atividades, sobretudo as posturais. Considera-se necessário à adoção de algumas atitudes corretivas para diminuir ou minimizar o risco

de acometimento músculo-esquelético entre as colaboradoras, não só da Amapoly, mas de todo o PIM.

Referente às condições organizacionais, há necessidade de rever os parâmetros como pausas para descanso, revezamento de tarefas e horas extras, para que seja reorganizado de maneira a ser introduzido para que possa ser minimizado ou reduzido à sobrecarga de tarefas e principalmente os efeitos da repetitividade. Sobre as condições ambientais, verificou-se que os níveis de iluminação, ruído, velocidade do ar, temperatura e umidade relativa do ar, encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela NR-17, levando em consideração a estação em que foram realizadas as medições conforme Tabelas 1, 2, 3 e 4 e Quadro 1. Tais dados são relevantes, haja vista, que as condições ambientais desfavoráveis causam desconforto, aumentando o risco de acidentes e provocando danos consideráveis à saúde das colaboradoras.

7. Referências Bibliográficas

BARREIRA, T. H. C. **Um enfoque ergonômico para as posturas de trabalho.** Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. 1989.

BRITO, J. C. **Enfoque de gênero e relação saúde/trabalho no contexto de reestruturação produtiva e precarização do trabalho.** Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro – 2000. p.195-204.

CHAFFIN, D, B; ANDERSSON, G, B, J; MARTIN, B, J. **Biomecânica Ocupacional.** 3ª edição. Belo Horizonte. Ergonomia: 2001.

COUTO, H. A. **Como gerenciar a questão das LER/DORT: lesões por esforços repetitivos/distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.** Belo Horizonte: Ergo, 1998.

_____. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho em 18 Lições.** Belo Horizonte: Ergo, 2002.

COURY, H. G. **Trabalhando Sentado.** 2ª edição. São Paulo: Editora UFSCAR, 1995. p. 35-56.

CRUZ, L. S. *et al.* **Repercussões da Introdução do sistema de leitura óptica sobre o trabalho do operador.** Florianópolis: EDUFSC, nº 27. Abril de 2000. Revista de Ciências Humanas. p. 117-136.

CHAFFIN, D, B; ANDERSSON, G, B, J; MARTIN, B, J. **Biomecânica Ocupacional.** 3ª edição. Belo Horizonte. Ergonomia: 2001.

DUL, J. & WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática.** São Paulo: Edgar Blucher, 2004.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de Metodologia.** 3ª Edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2001.

FILHO, S. B. S; BARRETO, S. M. **Algumas considerações metodológicas sobre os estudos epidemiológicos das lesões por esforços repetitivos (LER).** Caderno de Saúde Pública, 14 (3): jul-set. 1998. p. 555-63.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem.** 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1998.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção.** Editora Edgard Blucher. USP. São Paulo. SP, 2010.

KNOPLICH, J. **Viva bem com a coluna que você tem: Dores nas costas, Tratamento e prevenção.** 25ª edição. São Paulo: Ibrasa, 1996.

LAVILLE, A. **Ergonomia.** São Paulo, EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

LEITE. Jandecy Cabral. **Convergência Tecnológica nas Áreas de Telecomunicações como Ferramenta Estratégica ao Desenvolvimento Regional: Uma Visão dos Stakeholders.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis – SC, 2001.

_____. **Apostila de Ergonomia do Curso de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho.** Escola Superior de Tecnologia (EST) da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Manaus-AM, 2004.

_____. **Apostila de Ergonomia do Curso de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho.** Universidade Gama Filho (UGF). Manaus-AM, 2006.

_____. **Apostila de Metodologia Científica e da Pesquisa do Curso de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho, Mecatrônica Industrial, Processo Industriais de Fabricação Mecânica, Tecnologias do Gás Natural.** Escola Superior de Tecnologia (EST) da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Manaus –AM, 2004.

_____. **Relatório de Pesquisa: Estudos Ergonômicos Aplicados ao Trabalho em Ambientes Laborais: Um Estudo de Caso da Empresa White Martins.** Universidade Paulista (UNIP). Pesquisa Financiada pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). São Paulo. SP, 2004/2005.

MEDEIROS, Francisco de Assis da Silva. **Guia para Elaboração de Monografias e Artigos Científicos.** Instituto de Ensino Superior – CESF-FUCAPI. Manaus - AM, 2006.

MARCONI, Marina de Andrade e LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1999.

MALCHAIRE, J. **Lesiones de Miembros Superiores por Trauma Acumulativo: Estratégias de Prevención.** Universidade Católica de Lavaina: Bélgica, 1998.

MAZZONI, C. F.; MARÇAL M. A. **Análise dos fatores de risco de LER/DORT dos membros superiores em uma linha de empacotamento de uma indústria farmacêutica.** Anais ABERGO, Gramado, 2001.p.1-2.

MIRANDA, C. R; DIAS, C. R. **Lesões por esforços repetitivos: uma proposta de ação preventiva.** Revista CIPA. Salvador. Maio, 1998. (p.48)

NASCIMENTO, N. M. & MORAES, R. A.S. **Fisioterapia nas Empresas.** Taba Cultural. Rio de Janeiro – 2000. p.23-55.

NOGUEIRA, Wallace Roberto Melo. **Estudo de Tempo e Métodos. Apostila de Tempo e Métodos do Curso de Engenharia de Produção Elétrica do Instituto de Ensino Superior – CESF-FUCAPI.** Manaus – AM, 2005.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia Teórica e Prática.** 4ª Edição. Rio de Janeiro. Guanabara-Koogan, 2000.

PEREIRA. R, E. **Fundamentos de ergonomia e fisioterapia do trabalho.** São Paulo. Fundacentro: p.33. 2006.



Motion for a product to collect a sample of human stool and/or urine KITLAB

Cláudio Márcio Bizantino de Melo¹, Jandecy Cabral Leite²
marciomelomanaus@hotmail.com, jandecy.cabral@itegam.org.br

¹Centro Universitário do Norte (UNINORTE). AV. Joaquim Nabuco, 1469, Centro. Manaus – Amazonas – Brasil. CEP: 69005-290. Fone: +55 (92) 3215 5000.

²Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, 1469, Centro. Manaus – Amazonas – Brasil. CEP: 69020-031. Fone: +55 (92) 3584 6145/ +55 (92) 3248 2646.

ABSTRACT

A marketing innovation is the key factor of any product to be launched in the consumer market. This research anticipates that had already been patented worldwide launch of a product (non- chemical) pharmaceutical industry to be called KITLAB, which will change for the better the procedure and user form to collect a single sample of feces or urine be taken for laboratory examination. The objective of this paper is to show product innovation to make a collection of these hygienically correct. The methods and techniques are their main advantages it has over its competitors, since it enables the user to make a collection without handling, that is, that a sample collection (feces/urine), is made by everyone (men/women, adults/children) hygienically, in a very different way of unhygienic today make such collections, which are, at best, made directly on the floor without any care with possible contamination toilet that such unsuitable sites can provide samples. The results observed in a study commissioned assessment of market viability showed that the product had total public approval, and in addition, he has numerous competitive advantages over other existing competing products in the market because its use eliminates the so inconvenient, self - embarrassing and unhygienic way of making today a collection of stools, and more, it will give the user a personal satisfaction and comfort, finally, this product will eliminate the so uncomfortable handling necessary that still exists today.

Keywords: fecal coliforms, Waste Health Services, Feces, urine, secretions and organic liquids, Remains of laboratory samples and their containers.

Propuesta de un producto para recoger una muestra de materia fecal humana y/o KITLAB orina.

RESUMEN

Una innovación de comercialización es el factor clave de cualquier producto que se lanzará en el mercado de consumo. Esta investigación anticipa el lanzamiento mundial de un producto (no químico) de la industria farmacéutica, patentado, llamado KITLAB, que va a cambiar para mejor el procedimiento y formulario de usuario para recoger una sola muestra de heces que deben adoptarse para su examen en laboratorio, hoy en día, en todo el mundo, se pone fuera de la taza del baño. El propósito de este artículo es mostrar que este producto permite al usuario (hombre / mujer, adulto / niño) a una colección de material de examen de la muestra en un ambiente higiénicamente correcta, es decir, dentro del propio inodoro y sin ningún tipo de manipulación, muy diferente la forma antihigiénica hoy para hacer ese tipo de colecciones, que son, en el mejor, hace directamente en el suelo sin ningún cuidado con la posible contaminación que dichos sitios pueden proporcionar muestras recolectadas no aptos. En la investigación, se comparó la funcionalidad de este producto con los ya existentes, y el resultado fue favorable a él por completo, ya que su uso elimina la forma tan inconveniente, sí embarazoso y poco higiénicas de hacer hoy una colección de sillas, y mucho más, se le dará al usuario una satisfacción personal y el confort, por último, este producto se eliminará la tan incómodo manejo necesario que todavía existe hoy.

Palabras clave: Coliformes fecales, Servicios de Residuos, heces, orina, secreciones y fluidos corporales, muestras de laboratorio sobrantes y sus contenedores.

1. INTRODUÇÃO

A presente proposta de modificação da maneira de se coletar uma amostra humana de fezes e/ou de urina para ser levada a laboratório para exame trata-se de um penico desmontável para se coletar amostras de fezes e urina para exame de laboratório, idealizado para ser usado dentro de qualquer vaso sanitário, pois possui longas abas para se apoiar e se fixar sobre as bordas de qualquer vaso sanitário e uma cuba que pode ser separada do seu corpo, a fim de permitir que essa cuba se transforme no recipiente coletor que tem de ser levado a laboratório para exame.

Justifica-se esta proposta porque ela é a única que atende as recomendações médico/farmacêuticas quanto à higiene duma coleta: As fezes devem ser colhidas em recipientes fornecidos pelo laboratório ou em frascos bem limpos e secos com tampas. A amostra não pode estar contaminada com urina ou água. Não é necessário um volume de fezes maior do que $\frac{3}{4}$ do frasco [1].

Esse produto visa possibilitar que o usuário faça uma coleta de fezes sem manuseio nenhum. O fato desse produto ser desmontável vai possibilitar que o usuário nunca mais faça uma coleta de fezes fora de um vaso sanitário, isto é, de agora em diante toda coleta de fezes para ser levada a laboratório vai poder ser feita dentro de qualquer vaso sanitário, com a mais perfeita higiene e comodidade nunca dantes imaginadas.

As funções da limpeza são várias, tendo em conta duas vertentes: a vertente microbiológica, já que através dela são removidos os micro-organismos do ambiente, pela remoção da sujidade, tornando as superfícies seguras para doentes e profissionais, e a vertente não microbiológica que consiste em manter a aparência [2].

Devido a cuba desse produto vir também a ser o recipiente coletor a ser levado a laboratório para exame, que tem uma capacidade total de volume de 160ml, isso fará com que essa operação tenha uma adequada e ideal higienização do ambiente onde a coleta do material a ser levado a exame será feita, ou melhor, a cuba desse produto será o ambiente higienicamente preparado para receber qualquer coleta de material, seja de fezes ou de urina, e mais, essa singular capacidade e funcionalidade vai evitar o tão inconveniente e constrangedor manuseio usuário da amostra que essa operação hoje nos causa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A partir da segunda metade do século XX, com os novos padrões de consumo da sociedade industrial, a produção de resíduos vem crescendo continuamente em ritmo superior à capacidade de absorção da natureza. Nos últimos 10 anos, a população brasileira cresceu 16,8%, enquanto que a geração de resíduos cresceu 48% [3].

Dentre as políticas nacionais e legislações ambientais existentes que contemplam a questão de resíduos sólidos, destacam-se aquelas que dispõem sobre: a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 31/08/1981), a Política Nacional de Saúde (Lei Orgânica da Saúde nº 3.080 de 19/09/90), a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795 de

27/04/1994), a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 08/01/1997), a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605 de 12/02/1998), o Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257 de 10/07/2001); a Política Nacional de Saneamento Básico (Projeto de Lei nº 5.296/05) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (projeto de lei), sendo que esses dois últimos encontram-se em apreciação junto ao Congresso Nacional [4].

Pouco, quase nada, se tem falado (escrito) a respeito de qual seria o mais adequado local físico (se direto no chão dos banheiros, ou sobre quaisquer papéis ou jornais) onde o material a ser coletado para um exame de fezes deve ser defecado pelo paciente, antes dele o transportar para o copo coletor a ser levado a laboratório para exame.

Encontraram-se orientações para coleta em laboratório particular pouco direcionada como esta: (Coleta do parasitológico de fezes) - Evacuar em local bem limpo e seco. Absolutamente contraindicada à coleta na água do vaso sanitário. Admite-se a coleta sobre a fralda descartável nova [5].

Com relação à Política Nacional de Resíduos Sólidos, as primeiras iniciativas legislativas para a definição de diretrizes à área de resíduos sólidos surgiram no final da década de 80. Desde então, a questão de resíduos sólidos vem sendo exercida pela atuação dos órgãos regulatórios, por meios de resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, no caso de resíduos do serviço de saúde (RSS) [4].

Há, porém, o plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (PGRSS), que é um documento que aponta e descreve as ações necessárias ao manejo de resíduos de infecções gerados pelos pacientes nas instituições de saúde, como hospitais e prontos-socorros.

No entanto, mesmo que as instituições de saúde tenham um planejamento de como se evitar contaminações hospitalares, geradas por resíduos de serviços de saúde (excreções, secreções e líquidos orgânicos), pois esse é o objetivo desse plano, não há nenhuma observação médica ou laboratorial que determine o local onde os pacientes devem fazer as coletas de fezes, por isso, os pacientes ficam inteiramente desorientados e ao mesmo tempo livres de escolherem se fazem a defecação no chão do banheiro ou mesmo dentro da contaminada água do vaso sanitário.

De acordo com alguns estudos feitos, a higienização das superfícies seguindo a metodologia correta e aplicando água quente e detergente, consegue remover 80-85% dos micro-organismos presentes. Se for aplicado desinfetante após a limpeza, pode-se remover cerca de 90-95% destes micro-organismos. No entanto o tempo que leva uma superfície a voltar a estar contaminada é o mesmo quer se tenha aplicado ou não desinfetante. Partindo desse pressuposto, não se pode considerar que esta prática seja custo-efetiva além de que a aplicação indiscriminada de desinfetantes gera outros problemas de poluição ambiental de importância acrescida para o equilíbrio do ambiente e saúde das populações [2].

Os banheiros de qualquer instituição de saúde são sempre de uso coletivo, seja diário ou não, quer dizer, os resíduos de fezes deixados num banheiro por um paciente, sejam resíduos

infecciosos ou não, estão sempre passíveis de contaminar outro paciente que precise e que tem de usar esse mesmo banheiro.

Nem sempre, depois que um paciente termina de fazer a sua coleta de fezes para exame, dá tempo que os encarregados da desinfecção façam a limpeza dos banheiros antes de lá entrar outro paciente, quer dizer, o perigo de haver uma contaminação, depois que um paciente faz uma defecação para uma coleta de amostra para um exame de fezes, sempre existe.

A metodologia da limpeza e os produtos empregues na mesma são sempre iguais para qualquer área do hospital, quer estas sejam consideradas ou não, de risco. O que varia é a frequência de limpeza necessária e instituída para cada área, consoante a especificidade dos serviços e susceptibilidade dos doentes [2].

Mesmo que os órgãos de serviços de saúde zelem pela total e ampla higiene de suas dependências (recepção, corredores, apartamentos, enfermarias e banheiros, etc.), não existe, em nenhum plano desses, uma atenção voltada especificamente para o local físico (banheiro) onde os pacientes geram seus próprios resíduos fecais (sólidos ou não), resíduos esses que são, muitas vezes, altamente passíveis de geral contaminação.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RSS (RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE)

Resíduos de serviços de saúde são os corpos físicos, sólidos ou não, que apresentam uma possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.

Os resíduos discriminados abaixo representam os classificados como sendo do grupo A, pois apresentam risco devido à presença de agentes biológicos [4].

GRUPO A: Sangue e hemoderivados; *Excreções, secreções e líquidos orgânicos*; Meios de cultura; Tecidos, órgãos, fetos e peças anatômicas; Filtros de gases aspirados de áreas contaminadas; Resíduos advindos de área de isolamento; Resíduos alimentares de área de isolamento; Resíduos de laboratório de análises clínicas; Resíduos de unidade de atendimento ambiental; Resíduos de sanitário de unidades de internação; Objetos perfuro-cortantes provenientes de estabelecimentos prestadores de serviços de saúde.

Os estabelecimentos de saúde devem ter sempre um responsável técnico, devidamente registrado em conselho profissional, para o gerenciamento de seus resíduos. Os restos de resíduos sólidos do grupo A devem ser acondicionados em sacos plásticos grossos, brancos, leitosos e resistentes, com simbologia de substância infectante, antes de serem incinerados, porém, para os restos de resíduos de fezes deixados nos banheiros pelos pacientes depois de uma coleta dessas não há tanta preocupação, porém, o risco do início de uma possível contaminação geral por tais resíduos é igual ou maior que dos outros resíduos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

A matéria-prima escolhida para a confecção e fabricação da base de sustentação desse produto foi o polipropileno (PP),

devido esse material ser o mais apropriado durante os ensaios de resistência de peso (para a base de sustentação) e também para os ensaios de estanqueidade da sua cuba central (copo coletor). Além do polipropileno, o poliestireno (PE) também foi ensaiado, no entanto, nos ensaios, o polipropileno se mostrou ser a matéria-prima mais adequada para a fabricação desse produto como mostra a figura 1.

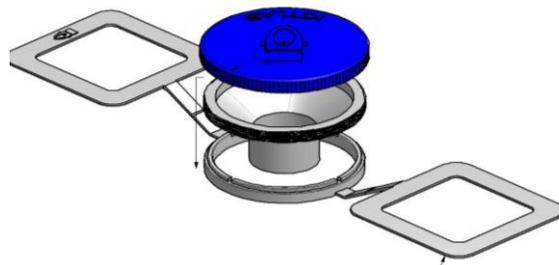


Figura 1. KITLAB.

3.2 FORMA DE INSTALAÇÃO

A forma de se instalar o **KITLAB** num vaso sanitário é tão simples que até mesmo uma criança é capaz de fazê-la, afinal, basta levantar-se a tampa e o assento do vaso, colocar sobre as suas bordas a base sanitária, desdobrada, já com o copo coletor instalado, e abaixar o assento, para lhe dar a fixação da posição escolhida, que estará completada a sua instalação, conforme mostra a figura 2.

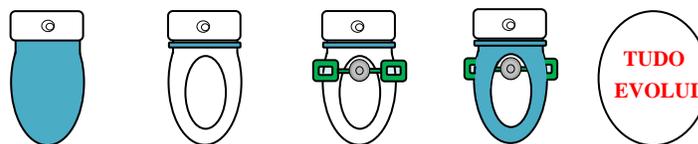


Figura 2. Como instalar o KITLAB.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Proposta da Inovação - Estudo de Caso

Como estratégia de pesquisa, utiliza-se o estudo de caso em muitas situações, para contribuir com o conhecimento que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais, políticos e de grupo, além de outros fenômenos relacionados. De forma não surpreendente, o estudo de caso tem se constituído uma estratégia comum de pesquisa na psicologia, sociologia, ciência política, trabalho social.

Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real [6].

A presente novidade mercadológica trata-se de um aparelho de plástico (polipropileno), constituído de 4 (quatro) peças distintas (base, cuba central (copo coletor), tampa e pá dobrável, projetado especificamente para, depois de desdobrado, ser colocado e apoiado firme e fixamente sobre as bordas laterais de um vaso sanitário, e que tem por objetivo facilitar uma coleta

pessoal de amostra para ser levada a exame laboratorial, seja o exame de fezes ou de urina.

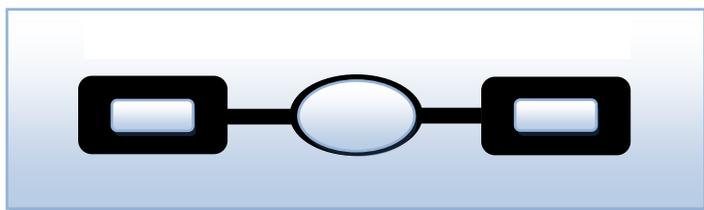


Figura 3. Mostra o *KITLAB* fora do vaso, desdobrado, sem a sua cuba central.

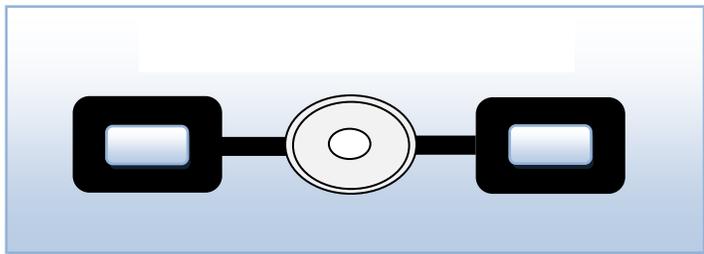


Figura 4. Mostra o *KITLAB* fora do vaso, desdobrado, com a sua cuba central.

Esse aparelho funciona como se fosse um "penico" para ser usado dentro de um vaso sanitário, no entanto, a sua cuba central (copo coletor) foi propositalmente projetada para ser desmontável do seu corpo, a fim dela mesmo poder ser levada a laboratório para exame, e a base de sustentação do *KITLAB*, que é o seu corpo, depois de desdobrado, fica com longas abas laterais que podem se apoiar sobre as bordas do vaso, e ainda podem suportar um peso de até 600g de amostra, como mostra as figuras 5 e 6.

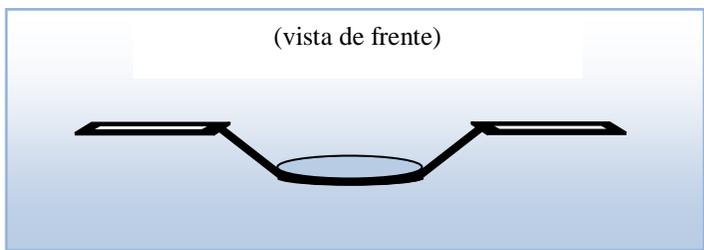


Figura 5. Mostra o *KITLAB* fora do vaso, desdobrado, sem a sua cuba central.

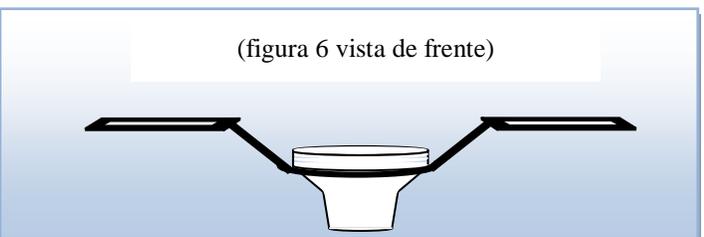


Figura 6. Mostra o *KITLAB* fora do vaso, desdobrado, com a sua cuba central.

Esse produto, quando está com as suas abas laterais dobradas, tem, praticamente, as mesmas dimensões da sua cuba central (copo coletor), e isso foi projetado assim para se diminuir o volume linear do seu corpo e facilitar tanto a logística de transporte como o seu transporte usuário como mostra a figura 7.

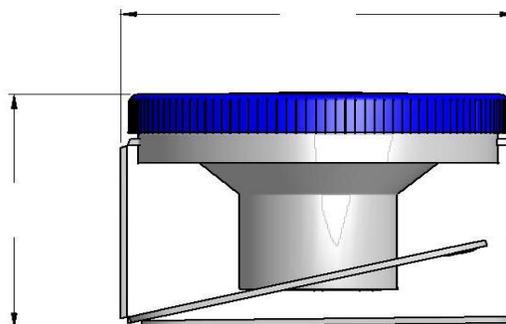


Figura 7. *KITLAB* quando sai da embalagem.

A cuba central (copo coletor) desse aparelho facilitador de coleta de amostra de fezes (ou de urina) possui uma tampa roscável que foi propositalmente projetada para ter um fechamento completamente hermético, isto é, não vaza, nem quando posto de lado (deitado) nem quando de cabeça para baixo, e, além disso, a boca dessa cuba tem um diâmetro que é, no mínimo, o dobro do diâmetro das bocas de qualquer dos atuais aparelhos (copos coletores) afins.

E mais, devido essa cuba ser desmontável, ele mesmo se transforma no recipiente coletor a ser levado pelo usuário a laboratório para exame, enfim, visto que a coleta pode ser feita (dentro do vaso sanitário) diretamente no dispositivo a ser levado a laboratório, faz essa "operação" ser uma coleta sem manuseio. A capacidade total de volume dessa nova cuba (copo coletor) é de 160ml (cone menor + cone maior), porém, a quantidade necessária de amostra (fezes/urina) para um laboratório fazer um exame gira em torno de, no máximo, 50ml, que é o volume do seu cone menor.

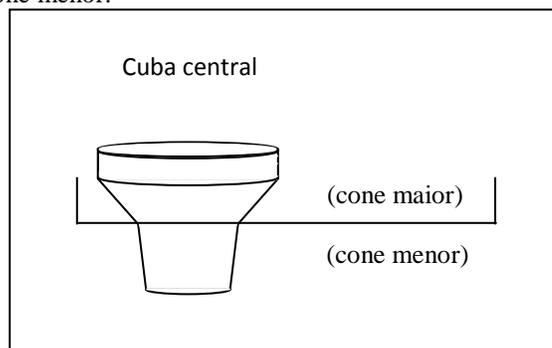


Figura 8. Diferença entre os cones.

4.2 PESQUISA DE OPINIÃO PÚBLICA

Nessa pesquisa, que foi feita em duas etapas, várias perguntas foram feitas aos entrevistados, porém, apresentaremos aqui somente algumas dessas respostas. Na primeira etapa da

pesquisa, os entrevistados responderam as perguntas sem ainda terem nenhum conhecimento desse novo produto, no entanto, as respostas das perguntas da segunda etapa já foram respondidas tendo os entrevistados já conhecimento do novo produto, o **KITLAB**.

ETAPA 1 (Perguntas feitas pelos entrevistadores **ANTES** dos entrevistados terem tomado conhecimento da “Proposta de modificação da maneira de se coletar uma amostra humana de fezes e/ou de urina para ser levada a laboratório para exame”).

A figura 9 mostra o percentual dos entrevistados quanto à maneira que deve ser um coletor de fezes.

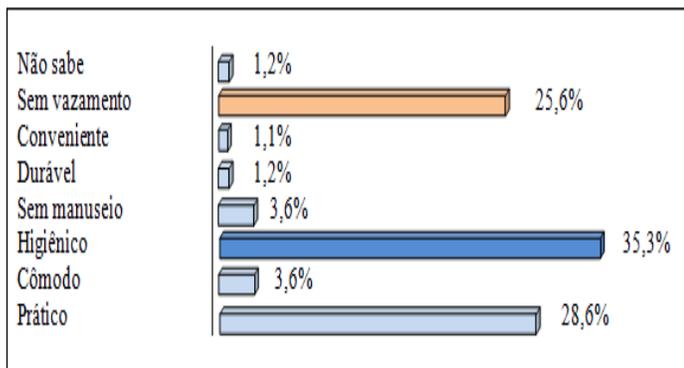


Figura 9. Percentual quanto à maneira que deve ser um coletor.

A figura 10 mostra o percentual de entrevistados segundo o principal inconveniente quando se faz uma coleta de material de fezes.

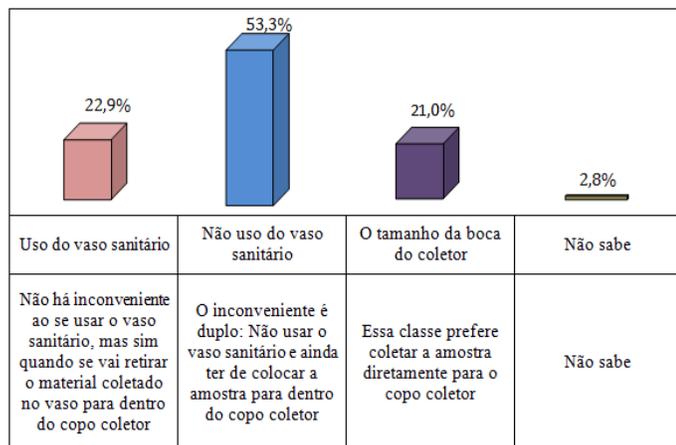


Figura 10. Percentual segundo o principal inconveniente quando se faz uma coleta de material de fezes.

ETAPA 2 (Perguntas feitas pelos entrevistadores **DEPOIS** dos entrevistados terem tomado conhecimento da “proposta de modificação da maneira de se coletar uma amostra humana de fezes e/ou de urina para ser levada a laboratório para exame”). A figura 11 mostra o percentual de entrevistados quando perguntado qual produto é o mais prático.

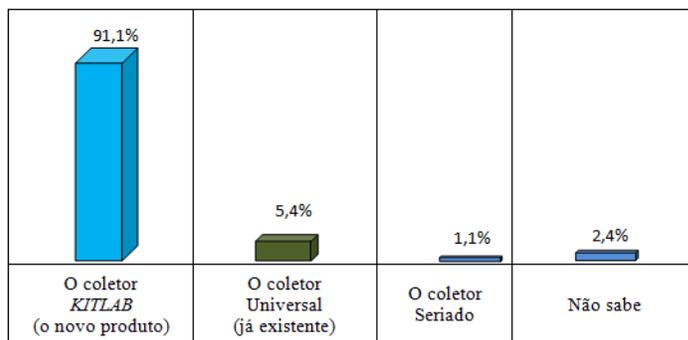


Figura 11. Percentual em relação ao produto mais prático.

A figura 12 mostra o percentual de entrevistados quanto à avaliação do produto com nota de 1 a 10.

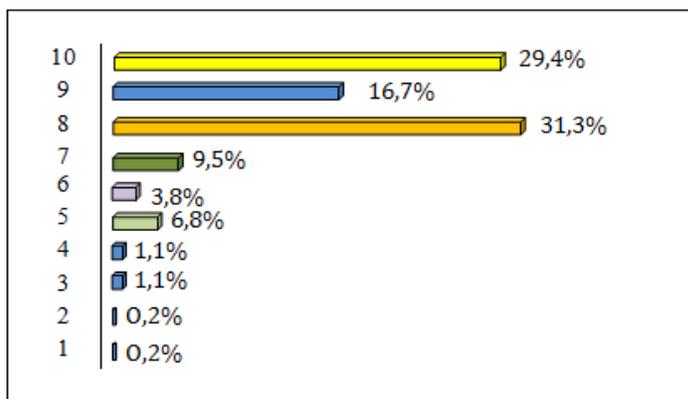


Figura 12. Percentual com avaliação de nota de 1 a 10.

4.3 INOVAÇÃO DO PRODUTO

O que o mercado consumidor oferece hoje para a realização de um exame laboratorial (fezes/urina) é apenas um copo coletor, de plástico, com capacidade de volume de, no máximo, 80 ml, onde a amostra do material do exame, feita em locais não-higienizados, deve ser colocada com a ajuda de uma pequena pá, de, no máximo 4 (quatro) centímetros de comprimento, que acompanha esse copo. A forma de hoje se coletar nas residências uma amostra de material a ser levado a exame é feita em cima de folhas de quaisquer papéis ou jornais, ou sobre quaisquer outros objetos, ou mesmo diretamente no chão, ou sobre a contaminada água do vaso sanitário, que, geralmente tem uso coletivo, familiar ou não, sem que ninguém, nem a classe médica nem a laboratorial nem a usuária tenha a menor preocupação com uma possível contaminação da amostra por germes existentes nesses impróprios, não esterilizados e anti-higiénicos locais de coleta.

A pá que acompanha o copo coletor que hoje é vendido no mercado, apesar de ser rígida para o que ela se propõe a fazer, é muito pequena, e por ser tão pequena, faz a sua imprescindível utilização ser um ato passível de constrangimento íntimo, devido ao possível acidental contato usuário das mãos com o material da amostra.

A estratégia de lançamento de produtos inovadores é vista como a estratégia de lançamento de sucesso para os produtos inovadores com alta tecnologia [7][8][9][10]. Isto tem um melhor aproveitamento do produto de estratégias alternativas ao introduzir produtos alinhados com decisões táticas tais como preços de desnatação e nova marca ou canais [11][12][13]. Além disso, a estratégia de lançamento de produtos inovadores tem como objetivo principal para atingir diversos segmentos específicos de clientes, cujas necessidades podem não ser suficientemente satisfeito pelos concorrentes maiores [14][15], ou cujos números de concorrente são poucos [16].

4.4 Modo de usar

Abra as hastes e encaixe o recipiente no suporte como mostra a figura 13. Encaixe e posicione o suporte na borda do vaso sanitário como mostra a figura 14.

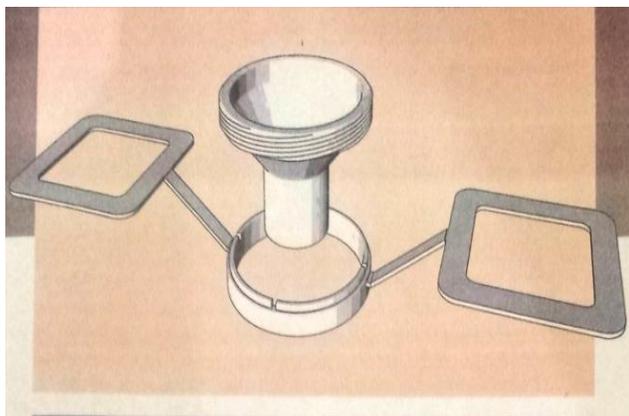


Figura 13. Haste e encaixe do suporte.



Figura 14. Encaixe e posicione o suporte na borda do vaso sanitário.

A Trave o suporte com o assento do sanitário. O Kitlab está pronto para ser usado como mostra a figura 15. O Recipiente possui abertura maior do que os recipientes no mercado. Facilitando a coleta do resíduo. A haste evita o constrangimento

e o contato direto. Retire o recipiente já com o resíduo e feche a tampa do kit. Como mostra a figura 16.

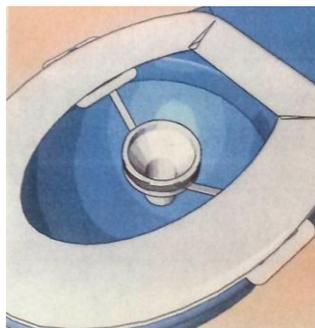


Figura 15. Pronto pra usar.



Figura 16. pronto para ser levado ao laboratório.

5. Conclusões

A própria classe médica, que já tomou prévio conhecimento desse novo produto, devido ao inusitado, higiênico, facilitador, providente e usualmente prático surgimento dessa nova e higiênica forma de coleta, se sentirá induzida a recomendar que, doravante, tais exames só poderão ter a sua aprovação se realizados conforme as condições de higiene que esse produto virá a oferecer.

A classe laboratorial também se sentirá mais confiante na divulgação do resultado de um exame desses, sabendo que a classe usuária seguiu a higiênica forma de se fazer a coleta recomendada pela classe médica. A classe usuária também, principalmente ela, certamente, além de vir a aplaudir conjuntamente com as classes médica e laboratorial a solução higiênica para a realização de um exame desses, se sentirá automotivada e também induzida a só se submeter a um desses exames mediante a utilização da funcionalidade desse novo produto, quer dizer, em pouco tempo, já não será possível que um exame desses ainda venha a ser realizado nos moldes dos atuais, sem quaisquer cuidados higiênicos.

Muitos, principalmente homens, não verão a necessidade de se utilizar o KITLAB para se fazer uma coleta de urina dentro de um vaso sanitário, pois acharão que essa tarefa pode ser feita direta na sua cuba, e fora do vaso, porém, quando uma criança é submetida a fazer esse exame é que se vê que o que para um adulto pode ser simples, para uma criança não é, principalmente se essa criança for uma menina.

AGRADECIMENTOS: Ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE), pelo apoio a realização desta pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

[1] http://www.labivida.com.br/web/info_coleta_fezes (Acesso em 15 de Março 2014).

[2] **Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde/ Ministério da Saúde.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

[3] IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 30 Abril 2014.

[4] ANVISA. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde/Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006, p. 9 - 36.

[5] <http://www.laboratoriolapec.com.br/index.php?tion=content&view=article&id=50&Itemid=55#7> (Acesso em 30 de Abril 2014).

[6] Yin, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamentos e Métodos** 3ª edição – porto alegre: Bookman, 2010.

[7] Archer, Elizabeth et al. **Procedimentos e protocolos.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

[8] Ayliffe, G.A.J.; Lowbury, E.J.L.; Geddes, A.M. e Williams, J. **Control of Hospital Infections.** 3ª Edição, Chapman & Hall Medical, capítulo 6, pp, 78-112; (2002).

[9] Ayliffe, G.A.J.; Collins, B.J.; Taylor, L.D., **Hospital Acquired Infection, Principles and preventions.** Hospital Environment, cap. 8. pp: 71. (2002).

[10] Carmagnani, M. I.S. et al. **Procedimentos de enfermagem:** guia prático. Rio de janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

[11] **MANUAL de procedimentos de enfermagem.** São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.unifesp.br/spdm/manual_hosp/arquivos/manuais/>. Acesso em: 6 out. 2009.

[12] Ministério da Saúde. **Saúde ambiental e gestão de resíduos de serviços de saúde.** Projeto Reforsus. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.

[13] Schneider, Vania Elisabete (org.). **Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde. Caxias de Sul (RS).** Editora da Universidade de Caxias do Sul – EDUCS. 2ª. ed. rev. e ampl., 2004.

[14] Weber, J. David M.D.,M.H.P., Rutala, William, Ph. D., M.P.H., **Prevention and control of Nosocomial Infections.** Environmental issues”, 2ª Edição, cap. 19, p. 420. 2002.

[15] www.camara.gov.br/internet/diretoria/Conleg/notas/01031.pdf (Tratamento de Resíduos Sólidos - Ilidia Juras)

[16] <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/educacao/index.php3&conteudo=./educacao/programas/integracao21.html>.



Naive Bayes applied impacts harmonic analysis in industrial electrical systems

Waterloo Ferreira da Silva¹, Rildo de Mendonça Nogueira¹, Anderson Castro¹, Ádamo L. Santana², Maria Emília de Lima Tostes²

¹Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – PPGEE, Universidade Federal do Pará – UFPA. – Belém-PA, Brasil. (waterloof@gmail.com, rildonogueira@hotmail.com, anderson.c@samsung.com)

²Instituto de Tecnologia – ITEC, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém – PA, Brasil (tostes@ufpa.br, adamo@ufpa.br)

ABSTRACT

The research of this paper was supported by a technique that made use of a data-mining tool and probability theory to group the data and find the relationship in each set. The Naive Bayes technique sort the data by representing them with directed acyclic graphs in which node represent random variables and the arcs represent the direct probabilistic dependencies between each other. The sorting data method is very important when it is necessary to identify the influence, occurrence and importance of a data among a set of data (database). This data mining technique applied at this paper was used to determine the impact of the harmonic distortion of the current due the nonlinear loads present during the production process of a manufacturing facility located at Manaus industrial park. The process of data collecting was conducted by a measurement campaign during a week where the voltage and current of each production process and the sub process that compose the main like the temperature control process were collected and stored for more detailed analysis. The parameters used to analyze the energy quality were based on the module 8 from the Energy Distribution Proceedings (PRODIST), which rules the energy quality at the distribution network. The results of this paper can be used to conduct the countermeasures necessary to fix the current harmonic distortion influence at the voltage and consequently the active power consume reduction of the overall company.

Keywords: Naïve Bayes, Harmonics, Data Mining, Power Systems.

Naive Bayes aplicados en el análisis de impactos armónicos en los sistemas eléctricos industriales

RESUMEN

La investigación que se presenta en el trabajo se apoya en técnicas estadísticas como la prospección de datos y la teoría de las probabilidades lo que permite agrupar datos y encontrar una relación en cada uno de los grupos. La técnica de Naive Bayes agrupa los datos en grafos acíclicos en el cual los nodos representan variables aleatorias y los arcos representan dependencias probabilísticas directas entre cada una. El método de agrupación es muy importante cuando es necesario identificar la influencia, presencia e importancia de los datos en un conjunto de datos (base de datos). La técnica de prospección de datos aplicada en el presente trabajo permite determinar el impacto de la distorsión armónica de corriente debido a la presencia de cargas no lineales presentes en el proceso producción de una instalación manufacturera localizada en el parque industrial de Manaus. El proceso de recolección de datos se realizó durante una semana de medición continua del voltaje y la corriente de cada proceso y subprocesos de producción que la componen, así como el control de la temperatura, dichos datos fueron almacenados para su posterior análisis. Los parámetros utilizados para analizar la calidad de la energía se basan en el módulo 8 de los procedimientos de energía "PRODIST" que regula la calidad de la energía en las redes de distribución. Los resultados de este trabajo se pueden utilizar para tomar las medidas necesarias para corregir la influencia de la distorsión de la corriente de armónicos de la tensión y por lo tanto la reducción del consumo de energía activa de toda la empresa.

Palabras clave: Naive Bayes, armónicos, prospección de datos, sistemas de potencia.

1 INTRODUCCIÓN

Las formas existentes de la energía representan actualmente un incentivo para los países en desarrollo al impactar directamente en la sociedad en todos sus aspectos. Una de esas formas es la energía eléctrica que mueve muchos segmentos, ya sea para consumo o para la producción [1].

La disponibilidad de electricidad incide en la calidad de vida de las poblaciones. En el primer momento se despliega un sistema de distribución de energía eléctrica, la población local de inmediato comienza a aparecer con numerosos beneficios, tanto en el confort, la creación de nuevos puestos de trabajo y por lo tanto en el proceso general de desarrollo.

Esta necesidad llevó al desarrollo de la electrónica de potencia, las nuevas tecnologías que involucran materiales semiconductores de características no lineales comenzaron a ser usados para lograr las soluciones de las industrias. Así, los problemas con los armónicos llegaron a ser pronunciados [2].

Los armónicos del sistema de potencia se definen como tensión y corriente sinusoidal con frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia principal (o primario) generada [3].

Tenga en cuenta que el estricto cumplimiento de los límites recomendados por las normas no elimina necesariamente los problemas, sobre todo cuando los sistemas están operando cerca de los límites.

En general, este comportamiento no lineal puede ser observado por la no conformidad de la forma de la onda de la corriente con relación a la forma de la onda de la carga de alimentación [4] [5].

Hay varios estándares y recomendaciones de diversos organismos internacionales sobre los límites de armónicos en sistemas eléctricos. Todas estas recomendaciones se desarrollan con la ayuda de numerosos fabricantes de equipos, empresas de servicios energéticos y las instituciones de investigación. La IEEE Std 519-1992 como prácticas y requisitos para el control de armónicos en sistemas eléctricos de potencia recomendados, propone un reparto de responsabilidades para el mantenimiento de los armónicos en el PAC (Punto de acoplamiento común), donde los consumidores deben asegurarse de que las corrientes armónicas sean limitadas y los distribuidores, a su vez, deben garantizar los límites de distorsión armónica de la tensión [6].

La IEC 61000-2-2 limita la distorsión armónica de tensión para los consumidores con tensión de alimentación entre 240V y 450V para sistemas trifásicos o sistema monofásicos que están operando con una frecuencia nominal de 50 Hz o 60 Hz [7].

La norma IEC 61000-4-7 especifica las directrices necesarias para el proyecto y construcción de medidores de distorsión armónica. De acuerdo con esta norma, THD los metros están compuestos básicamente de: circuito de entrada con filtros anti-aliasing, convertidores A / D, unidad de sincronización y un procesador de transformada de Fourier discreta responsable de proporcionar los coeficientes de Fourier. En los aspectos de metrología, la IEC 61000-4-7 define dos clases de precisión para la medición de THD. La clase I se utiliza cuando se necesitan mediciones de alta precisión de exactitud. Se recomiendan los instrumentos de clase II para la mayoría de aplicaciones generales [8].

La norma IEC 61000-4-30, publicada en 2003, que tiene como objetivo poner fin a las incertidumbres con respecto a la forma de medir los parámetros de calidad, también conocido como protocolos de medición [9]. En Brasil, la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) desarrolló los procedimientos de distribución de energía (PRODIST) [10]. La revisión actual de PRODIST entró en vigor el 1 de enero 2010 Entre los principales

objetivos de PRODIST esta asegurarse de que los sistemas de distribución operen con seguridad, la eficiencia, la calidad y la fiabilidad requeridos. El Módulo 8 PRODIST regula la calidad de la energía en las redes de distribución.

Dentro de la inyección de armónicos en la red eléctrica, PRODIST define los límites en las tablas I y II.

TABLA I - valores globales de las distorsiones armónicas totales

Tensión nominal en las barras	Distorsión armónica total de la tensión (%)
$V_n \leq 1 \text{ kV}$	10
$1 \text{ kV} < V_n \leq 13,8 \text{ kV}$	8
$13,8 \text{ kV} < V_n \leq 69 \text{ kV}$	6
$69 \text{ kV} < V_n \leq 230 \text{ kV}$	3

TABLA II - niveles de referencia para la distorsión armónica individual de la tensión

Orden armónico	Distorsión armónica individual de la tensión [%]				
	$V_n \leq 1 \text{ kV}$	$1 \text{ kV} < V_n \leq 13,8 \text{ kV}$	$13,8 \text{ kV} < V_n \leq 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} < V_n \leq 230 \text{ kV}$	
Impares no múltiplos de 3	5	7,5	6	4,5	2,5
	7	6,5	5	4	2
	11	4,5	3,5	3	1,5
	13	4	3	2,5	1,5
	17	2,5	2	1,5	1
	19	2	1,5	1,5	1
	23	2	1,5	1,5	1
	25	2	1,5	1,5	1
> 25	1,5	1	1	0,5	
Impares múltiplos de 3	3	6,5	5	4	2
	9	2	1,5	1,5	1
	15	1	0,5	0,5	0,5
	21	1	0,5	0,5	0,5
	> 21	1	0,5	0,5	0,5
Pares	2	2,5	2	1,5	1
	4	1,5	1	1	0,5
	6	1	0,5	0,5	0,5
	8	1	0,5	0,5	0,5
	10	1	0,5	0,5	0,5
	12	1	0,5	0,5	0,5
	> 12	1	0,5	0,5	0,5

A pesar de la legislación vigente no penaliza a la industria por la generación de corrientes armónicas en el sistema eléctrico, ya hay señales de que la ANEEL pronto anunciará una nueva legislación para evaluar los impactos de las industrias, como se cita en la nota técnica 0083/2012-SRD / ANEEL [11] donde se refiere a la norma de Australiana que impone valores de referencia para la distorsión armónica de la de tensión (que deben observarse por el distribuidor) y las corrientes armónica de los dispositivos conectados a la red (que deben observarse por el consumidor).

Los efectos de la distorsión armónica incluyen: valores pico de tensión (puede conducir a la avería del aislamiento) aumentando; aumentando los valores eficaces (rms) (conduce a una mayor pérdida de potencia) y el aumento en el espectro de frecuencia de corriente y tensión (vibración adicional y desgaste mecánico) [12] [13]. Debido al flujo de corrientes armónicas se produce el calentamiento adicional en las líneas de alimentación, alternadores y motores, transformadores, por lo tanto, causan daños en el sistema de corrección del factor de potencia. Además, los problemas inesperados en los dispositivos de protección, manejo incorrecto en equipos sensibles electrónicos (computadoras, mando y control, etc) y los errores en los valores de los equipos de medición (por ejemplo, balanzas industriales, equipos de dosímetros electrónicos, etc) [13].

Teniendo como objetivo evaluar el impacto de los armónicos en una fábrica de electrónicos en el PIM y anticiparse a la próxima legislación que entrara en vigor, fue definido junto con la industria y los investigadores la metodología a aplicar en el presente trabajo: Se instalaron 5 medidores de la calidad de la energía durante siete días en diferentes circuitos de la industria, recolectar datos, conversión de datos, aplicar técnicas estadísticas de prospección de datos y evaluar los resultados.

Por lo tanto, este artículo presenta una técnica de análisis de datos utilizando redes bayesianas más específicamente con Naive Bayes para identificar el impacto de los componentes de corrientes armónicas individuales de cargas no lineales de los equipos electrónicos de THDv de la tensión a la entrada de una industria del Polo Industrial de Manaus.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La prospección de datos es una parte integral del "descubrimiento de conocimientos en bases de datos" (kdd - knowledge discovery in database), que es el proceso general de liberación de datos globales en información útil, como se muestra en la figura 1. este proceso consiste en una serie de etapas de transformación, desde el pre-procesamiento de los datos hasta el post-procesamiento de los resultados de la prospección de datos [17].

Esta fue la metodología elegida para llevar a cabo la investigación.

Los datos de entrada pueden ser almacenados en una variedad de formatos (archivos planos, hojas de cálculo o tablas relacionas) y pueden permanecer en un repositorio de datos central o ser distribuido en múltiple locales [17].

Fue elegido para almacenar los datos en tablas relacionadas de una base de datos.

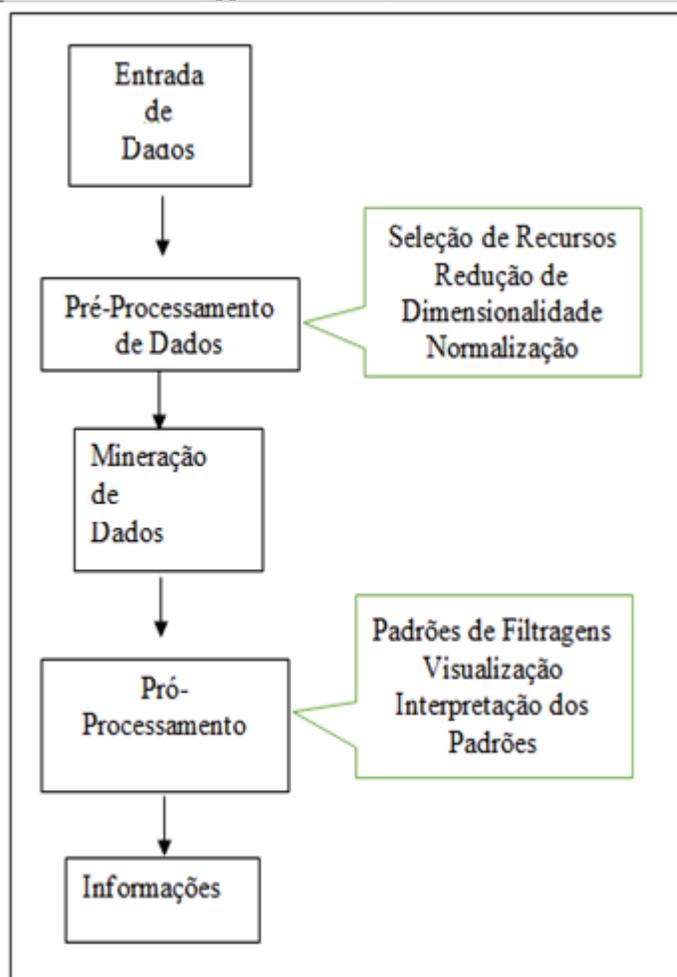


Figura. 1 Proceso de descubrimiento del conocimiento en bases de datos (KDD).

El propósito de pre-procesamiento es transformar la entrada de datos en bruto en un formato apropiado para su posterior análisis [17]. En esta etapa se usan herramienta Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) [15], que tiene una colección de algoritmos de aprendizaje automático para la solución de problemas de la prospección de datos, se realizó discretización sin supervisión de los datos de frecuencia.

Las tareas de prospección de datos se dividen generalmente en dos categorías principales:

Predicción de tareas - El objetivo de estas tareas es predecir el valor de un atributo específico basado en los valores de otros atributos. El atributo que se predijo que se conoce comúnmente como la variable dependiente, mientras que los atributos utilizados para hacer la predicción son conocidos como variables independientes o explicativas [17].

La técnica elegida para el análisis fue el clasificador de Bayes simple o Naive Bayes. El Teorema de Bayes: Para llegar al teorema de Bayes, partimos del principio básico. Por lo tanto, la

probabilidad de observar simultáneamente un evento A en un evento B viene dada por:

$$P(A \cap B) = P(A/B) * P(B) \quad (1)$$

Por otra parte, la probabilidad de que observe al mismo tiempo un evento A y el evento B se puede dar a través de:

$$P(B \cap A) = P(A \cap B) = P(B/A) * P(A) \quad (2)$$

Combinando (1) y (2) tenemos:

$$P(A/B) * P(B) = P(B/A) * P(A) \quad (3)$$

Reorganizando, llegamos al teorema de Bayes,

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) * P(A)}{P(B)} \quad (4)$$

Las Redes Bayesianas son herramientas poderosas para la toma y el razonamiento bajo incertidumbre. Una forma muy sencilla de las redes de Bayes son los llamados clasificadores de Naive bayesianos [21, 18, 19, 20] dedicados a la tarea de clasificación. Tales redes están compuestas por grafos acíclicos direccionados con una estructura única, tienen un nodo raíz (llamado padre), que representa el nodo de clase, y varios hijos, que corresponde a asignar nodos. Naive trabajo sobre una fuerte suposición “ingenua” de independencia entre nodos hijos en el contexto de su padre. Así, en la presencia de un conjunto de entrenamiento se debe calcular la probabilidad condicional ya que la estructura es única. Un grafo G es un par ordenado $G = (V, A)$, donde V es un conjunto no vacío cuyos elementos son llamados vértices o nodos y un conjunto A de pares de vértices de V, cuyos elementos se denominan bordes. Por lo general V (y por tanto A) es finito, es decir, $V = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Dos vértices conectados.

Dos vértices conectados por una arista son adyacentes. Dos aristas son adyacentes si comparten el mismo vértice. Los grafos direccionados poseen una arista del conjunto A y es representada como (u, v) , donde v se dice que es adyacente a u, y la arista del tipo (u, u) se denominan *self-loops*.

La posesión de archivo discreto en WEKA, que utiliza el software Genie 2.0 que puede ser realizado descargando <http://genie.sis.pitt.edu/> y el software, Rapid Miner 5.3, que puede descargarse en <http://www.rapidminer.com>, donde se aplicó la técnica de NaiveBayes de prospección de datos.

3. INDUSTRIA ELECTRÓNICA - ESTUDIO DE CASO

El presente estudio se desarrolló a partir del diseño del estudio de caso en una industria de la electrónica que produce una mezcla de productos manufacturados tales como televisores, computadoras de escritorio, tabletas y teléfonos, instalada en

Manaos, Polo Industrial de Manaus (PIM) con incentivos de la Zona Franca de Manaus (SUFRAMA-MFZ) por más de 30 años. Los casos piloto pueden ser realizados por varias razones no relacionadas con los criterios para la selección de los casos finales, permitiendo así que la recolección de datos para el estudio [13].

Uno de los objetivos está relacionado con la reciente aprobación de la prórroga de la Zona Franca de Manaus. Las empresas instaladas tuvieron que anticipar los incentivos permitidos para la ley de tecnologías de la información y adaptarse a la nueva legislación que ANEEL que evaluará los impactos de los armónicos de corriente de las industrias a fin de mejorar sus indicadores de calidad de la energía, permitiendo así la recolección de datos para el estudio.

Los datos fueron recolectados en esta industria de procesos de fabricación indicador por *mix* de productos de alta tecnología en el que el rendimiento de estos productos genera los impactos de distorsión armónica en la red, uno de los principales problemas analizados. La duración de la recolección de datos fue discriminada por turnos de lunes a viernes en horario de la siguiente manera: el primer turno de 06:00-15:48 y el segundo de 16:00-1:30. Durante este período se estaban produciendo notebooks y tablets.

La recolección de datos fue los siguientes puntos analizados: Salida de la caja de alimentación (220/127 V) circuito que alimenta la central de aire acondicionado, circuito de la sala de compresores, circuito alimenta la prueba de notebook portátil con aproximadamente 900 notebook simultáneamente, circuito que alimenta la prueba de tabletas, con aproximadamente 140 tabletas conectadas simultáneamente. En estos puntos fueron instalados 5 metros medidores de la calidad de la energía HIOKI PW3198, como se evidencia en la Figura 2.

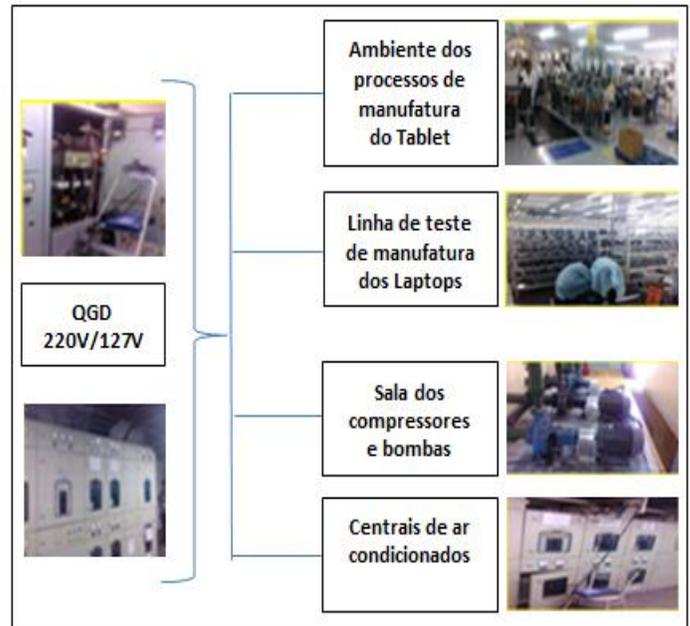


Figura 2. Puntos de instalación de Medidores de calidad de la energía.

Las Tabla III, IV y V presentan la particularidades de las cajas de alimentación y las características técnicas y de generación de armónicos de cada circuito, tipos de cargas, así como los detalles de los períodos que se mantuvieron alimentados en la línea de burning test/tablets, tabletas, compresores y bombas / aire acondicionado central.

Tabla III. Subestación

Salida del Transformador de 1000kVA 220/127V, Alimenta disyuntor trifásico 3200A de una planta de la Industria	
Cargas Lineales	Cargas de fuentes de conmutación: THDi > 93%. Armónicos: 3 (78%), 5 (44%), 7 (17%) ... 15.
Cargas No lineales	Cargas de inversores de frecuencia: THDi > 100%. Armónicos: 5 (81%), 7 (74%), 11 (42%), 13 (30%), 17 e 19, Cargas de los 5 UPSs de 80kVA, características de: TDHi > 30%, Armónicos: 5 (28%), 7 (5%), 11(6%) e 13 (6%). Cargas de lámparas fluorescente: TDHi > 50% Armónicos: 3, 5, 9 e 11.

Fuente: Los autores.

Tabla IV. Compresores y bombas /aire acondicionado centralizado

01 Compresor de 75 CV (55,93 kW), 01 Bomba booster de 25 CV (18,64 kW) y una Bomba de Torre de 25 CV (18,64 kW)	
Circuito de Carga Lineal	con bajo impacto en la distorsión armónica.
Período	Disponible entre 05:30 até 01:30 de lunes a viernes. No fin de semana se mantiene desconectado.
04 Centrales de aire acondicionado, Cada Central funciona con 2 compresores de 15TR (52,75 kW).	
Circuito de Carga Lineal	Bajo impacto en la distorsión armónica.
Horario	Disponible entre 05:30 hasta 01:30 de lunes a viernes. El fin de semana esta desconectado.

Fuente: Los autores.

Tabla V. Linea burning test / tablets

500 notebook de 65W cada bifásico, fuente de conmutación de 65W, Corriente de Carga Nominal: 3,42 A, Potencia de Salida Nominal: 65W, Regulación de Salida Total: +/- 5%, Regulación de Línea: +/- 3%, Ripple: 200mV (pico a pico). Ruído: 380mV (pico a pico) y THD, V < 2%	
Cargas Lineales	Cada notebook se mantiene por 1 hora y es sustituido por otro. Em el período de 01:30 hasta 06:00 estan conectados los notebook del día anterior. Durante el fin de semana los notebooks estan conectados a la red eléctrica. Todos los notebooks son alimentados por un No-Break (UPS) de 80kVA. Carga oriunda de fuente de conmutación. THDi > 93%. Harmônicas: 3 (78%), 5 (44%), 7 (17%) ... 15 la línea estaba conectada a UPS de 80kVA y cuya característica es: TDHi > 30% Armónicos: 5 (28%), 7 (5%), 11(6%) e 13 (6%)
10 Impresoras Laser con 57,96W cada uno, 4 Balanzas Electrónicas con 15W cada uno, 10 destornilladores eléctricos con motor de 40W cada uno, 11 switch de red con 10,3 W cada uno, 4 Monitores de LED con 45W cada uno, 01 Computador DeskTop de 352W, 1 caudín de 70W, 03 Ionizadores de Aire con 26,4 W cada uno, 8 impresora de etiqueta co 110W cada una, 17 notebooks con 65W cada una, 25 lámparas LED con 20W cada una, 12 dispensadores electrónicos de tornillo con 6W cada uno y alrededor de 140 tablets conectados en prueba con 10W cada una	
Cargas Lineales	La mayoría de las cargas son de fuentes de conmutación. THDi > 93%. Armónicos: 3(78%), 5 (44%), 7(17%)...15 También existente destornilladores eléctricos con las siguientes características armónicas: THDi > 100%. Armónicos: 5 (81%), 7 (74%), 11 (42%), 13 (30%), 17 e 19, La línea estaba conectada en UPS de 80kVA y cuya característica es: TDHi > 30% Armónicos: 5 (28%), 7 (5%), 11(6%) e 13 (6%) La sala y todos los equipamientos y tabletas son alimentados por um No-Break (UPS) de 80kVA.
Período	06:00 hasta 01:30 del día siguiente, de lunes a viernes, la línea de equipos está apagada. En el período de 01:30 a 06:00 son conectadas algunas tabletas.

Fuente: Los autores.

En cuanto a la figura. La figura 5 muestra la densidad de probabilidad de ocurrencia de los cinco intervalos discretos de THDv en relación con la corriente del 5° armónico de la central de aire se puede verificar que hay una probabilidad de casi el

84,5% de THDv teniendo un valor igual o mayor que 3.085% cuando la corriente del 5° armónico del proceso de la central de aire presenta un valor igual o superior a 0,008%.

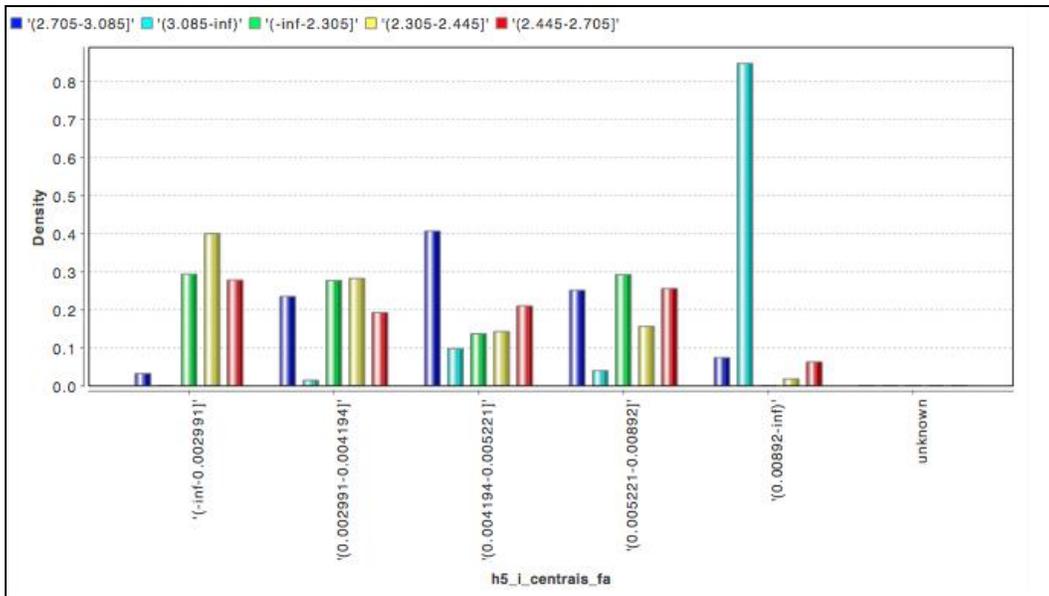


Figure 5 - Densidad de probabilidad de intervalos discretos de THDv con relación a la corriente del 5° armónico.

La figura 6 muestra la densidad de probabilidad de ocurrencia de los cinco intervalos discretos de THDv respecto a la corriente del 7° armónico del proceso de la central de aire y se puede ver que hay una probabilidad de casi el 87,2% de THDv

teniendo un valor igual o mayor que 3.085% cuando la corriente del 7° armónico del proceso de la central de aire presenta un valor igual o superior a 0,022%.

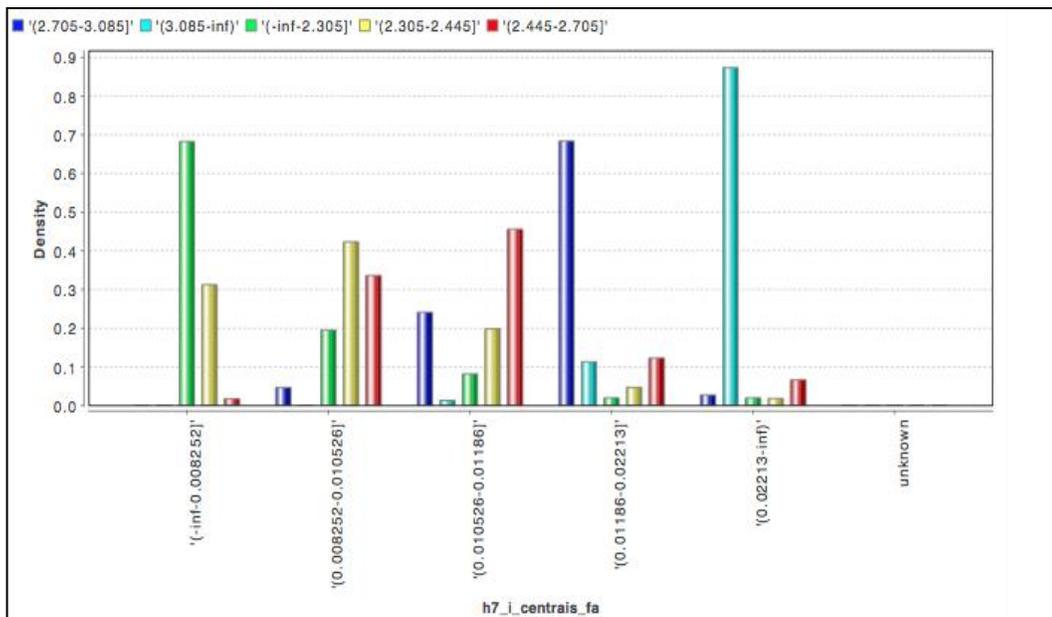


Figura 6- Densidad de probabilidad de intervalos discretos de THDv en relación con la corriente del 7° armónico.

La figura 7 muestra la densidad de probabilidad de ocurrencia de los cinco intervalos discretos del THDv con relación a la corriente del 9° armónico de la central de aire de proceso, se puede ver que hay una probabilidad de casi el 83% de THDv

teniendo un valor igual o mayor que 3,085% cuando la corriente del 9° armónico del proceso de la central de aire presenta un valor igual o mayor que 0,003%.

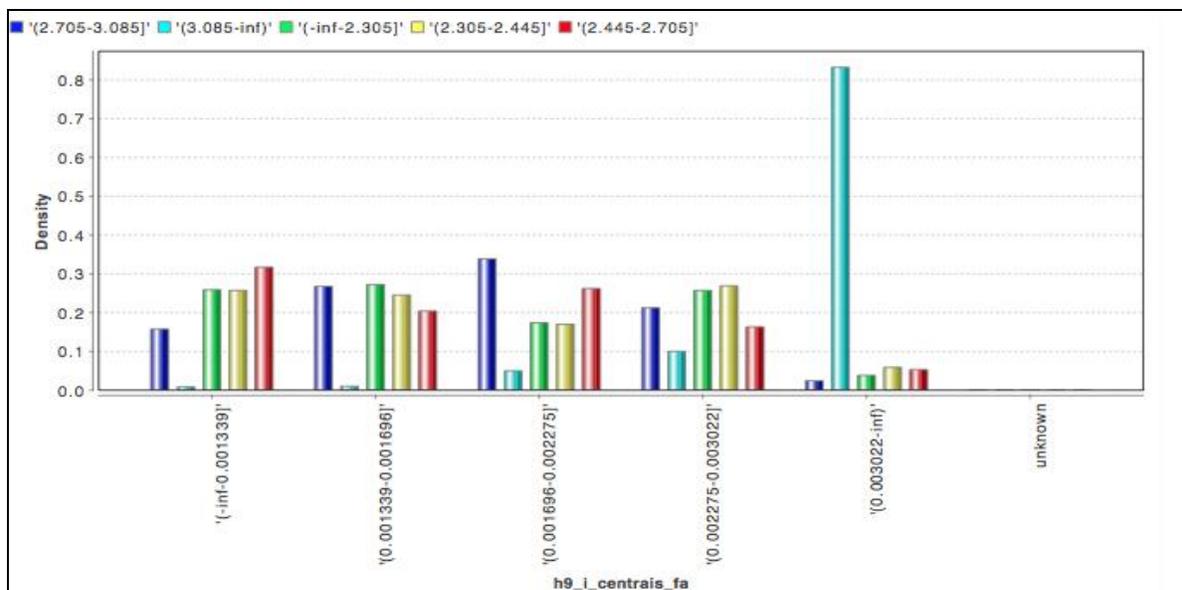


Figura 7. Densidad de probabilidad de intervalos discretos de THDv con relación a la corriente del 9° armónico.

La figura 8 muestra la densidad de probabilidad de ocurrencia de cinco intervalos discretos de THDv en relación con la corriente del 3° armónico del proceso de la tablet, se puede comprobar que existe una probabilidad de casi el 82,9% de

THDv teniendo un valor igual o mayor a 3.085% cuando la corriente del 3° armónico del proceso de la tablet presentando un valor igual o inferior a 3,55%.

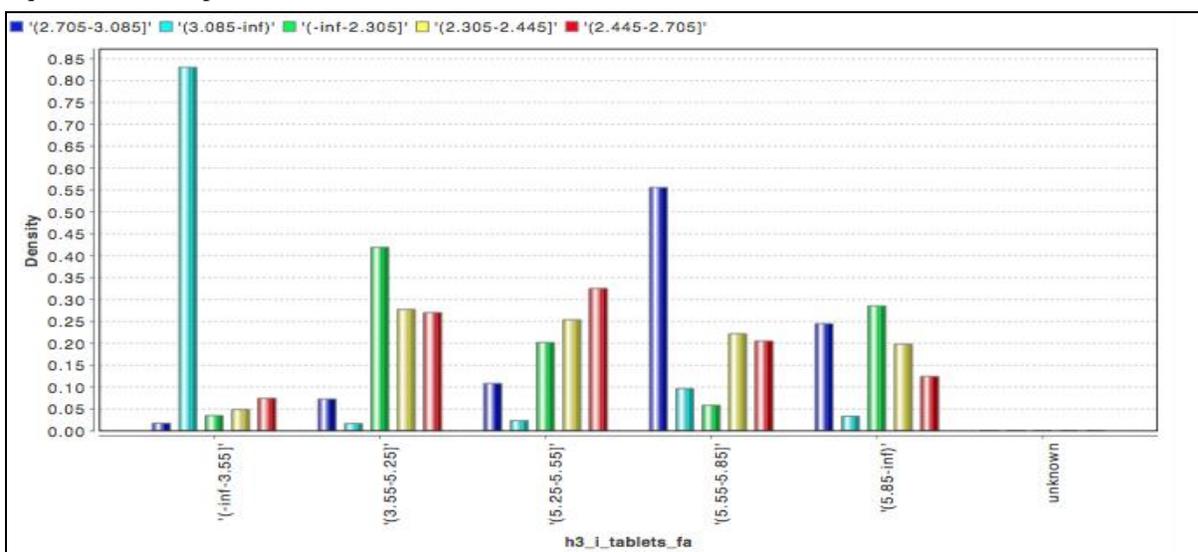


Figura 8. Densidad de probabilidad de intervalos discretos de THDv en relación con la corriente del 3° armónico.

La figura. 9 Muestra la densidad de probabilidad de ocurrencia de cinco intervalos discretos del THDv en relación

con el 5° armónico del proceso de la tablet, se puede comprobar que hay una probabilidad de casi el 82,5% del THDv teniendo un

valor igual o mayor a 3.085% cuando la corriente del 5° armónico del proceso de la Tablet presenta un valor igual o mayor a 3,05%.

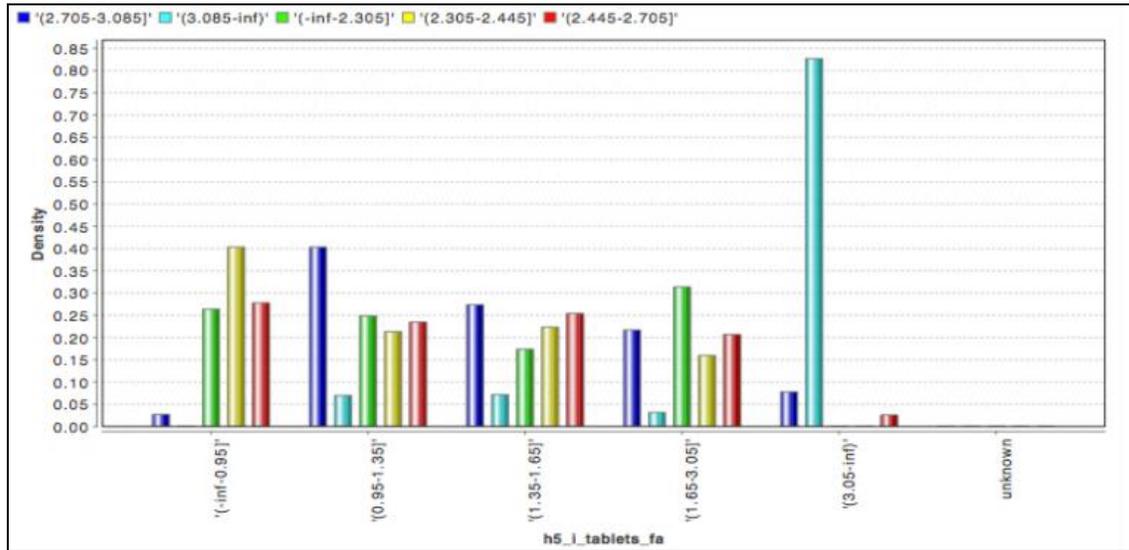


Figura 9. Densidad de probabilidad de intervalos discretos THDv en relación con la corriente del 5° armónico.

La figura 10 muestra la densidad de probabilidad de ocurrencia de cinco intervalos discretos de THDv con relación a la corriente del 7° armónico del proceso de la tablet, se puede observar que hay una probabilidad de casi el 88% de THDv

teniendo un valor igual o mayor que 3,085% cuando la corriente del 7° armónico del proceso de la Tablet presenta un valor igual o mayor que 4,85%.

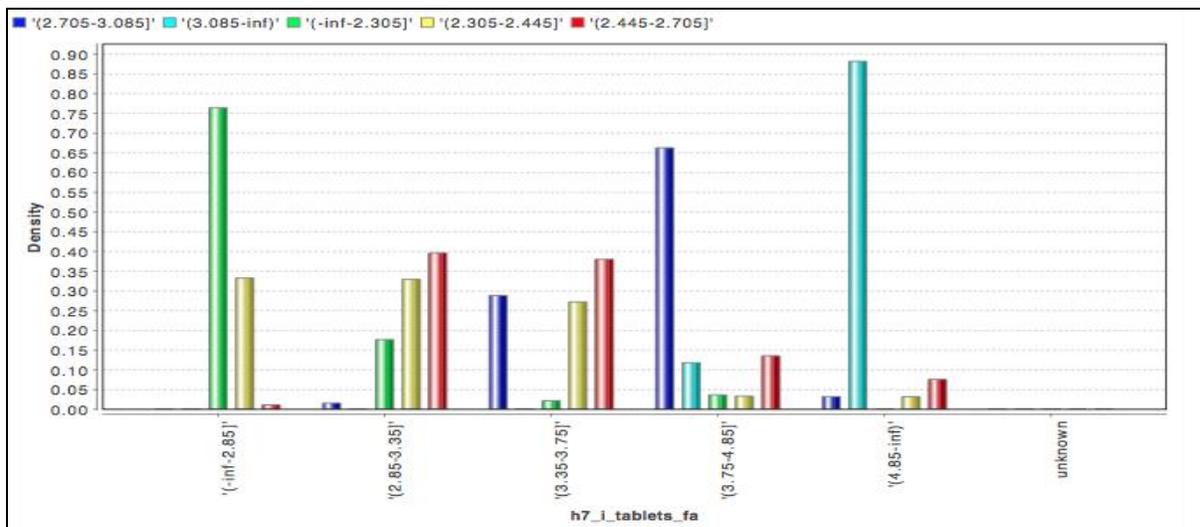


Figura 10. Densidad de probabilidad de intervalos discretos de THDv con relación a la corriente del 7° armónico.

5 - CONCLUSIÓN

Sobre la base de los análisis realizados mediante la técnica de prospección de datos (naivebayes) en una base de datos discretos de frecuencia se obtuvieron las siguientes

conclusiones: el orden de armónico del 5ª al 7ª del compresor representó los siguientes porcentajes, 84% y 88,5%; en la central de aire acondicionado los armónico de orden 7ª y 9ª representaron los porcentajes de 87,2% y 83% respectivamente; en líneas de producción de tablets los armónicos de orden 3ª, 5ª

y 7ª tuvieron los menores porcentajes siendo de 82,9%, 82,5% y 88%, en ese orden. Así, los armónicos que más contribuyeron al aumento de la distorsión armónica se encuentran en las líneas de producción de tablets debido a que los equipamientos de esta línea emplean fuentes de conmutación que se presentan como cargas no lineales generando un desequilibrio entre las fases. En el contexto general el 7ª armónico tuvo la mayor influencia en el impacto de armónicos, lo que reafirma la preocupación de las recomendaciones de las normas internacionales y la PRODIST [9] en el módulo 8 que hacen referencia a la calidad de energía en los sistemas eléctricos industriales.

6 - Agradecimientos

A la Universidad Federal de Pará - UFPA, al Instituto de Tecnología Galileo de la Amazonía - ITEGAM, al Instituto de Tecnología José Rocha Sérgio Cardoso - ITJC y Eletrobras Amazonas Energía por el soporte durante la investigación.

7 - Referencias Bibliograficas

- [1] Oliveira, C. G. et al. **Estudo de caso de eficiência energética e qualidade de energia elétrica**. 6p. Anais do VIII Induscon Conferência Internacional de Aplicações Industriais, Poços de Caldas/MG, 2008.
- [2] Nunes, Renato VINHAL. **Análise da penetração harmônica em redes de distribuição desequilibradas devido às cargas residenciais e comerciais com a utilização do ATP**. Dissertação de Mestrado, PPGEE, UFMG. 2007.
- [3] Arrilaga J and N.R. Watson, **Power Systems Harmonics**, Wiley, 2nd Edition, 2003.
- [4] Dugan, R. C.; MCdermott, T.E. **Operanting conflits for distributed generation on distribution systems**. IEEE. 2001.
- [5] Dugan. Roger C. Mark F. MCgranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty. **Electrical Power Systems Quality**. Second Edition. McGraw-Hill. USA. 2004.
- [6] IEEE Standard 519-1992. **Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in electrical Power Systems**. 1992.
- [7] IEC61000-2-2. **Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-2: Environment - Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems**.
- [8] IEC (IEC 61000-4-7, 61000-4-30) **International Electrotechnical Commission**.
- [9] IEC 61000-4-30. **International Electrotechnical Commission**. IEC 61000-4-30 Ed. 2.0: Electromagnetic Compatibility (EMC) –

Part 4 – 30: Testing and Measurements Techniques – Power Quality Measurement Methods, 2008.

- [10] ANEEL. **Módulo 8– Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. 2010.
- [11] ANEEL. **Nota Técnica, n° 0083 /2012-SRD/ANEEL**, de 12 Junho 2012. Processo: 48500.002798/2012-61.
- [12] R. Dugan, M. McGranaghan, H. Wayne, “**Electrical Power Systems Quality**”, 265 pp., McGraw-Hill, New York, USA. 1999.
- [13] IEEE Task Force on Effects of Harmonics on Equipment: “**Effects of Harmonics on Equipment**”, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, n.º 2, pp. 672-680, April 1993.
- [14] Yin, Robert K. **Case Study Research: Design and Methods**. 4a Edition. Sage Publications of London, Thousand Oaks and New Delhi and Singapore. 2010.
- [15] E. Frank, M. Hall, and L. Trigg, “**Weka 3-Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java**,” The University of Waikato, 2000.
- [16] H. Bakhtaet all. **Naïve possibilistic network classifiers, Fuzzy Sets and Systems**. 160 Science Direct (2009) 3224–3238.
- [17] Tan, Pang-Ning; Steinbach, Michael; KUMAR, Vipin **Introdução ao DATAMINING Mineração de Dados**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.
- [18] P. Langley, W. Iba, K. Thompson, **An analysis of Bayesian classifiers**, in: Proc. AAAI-92, 1992, pp. 223–228.
- [19] P. Langley, S. Sage. **Induction of selective Bayesian classifiers**, in: Proc. 10th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence UAI-94, 1994, pp.399–406.
- [20] D. Grossman, P. Dominigos, **Learning Bayesian maximizing conditional likelihood**, in: Proc. on Machine Learning, Canada, 2004, pp. 46–57.
- [21] R. Duda, P. Hart, **Pattern Classification and Scene Analysis**, Wiley, New York.



Two solutions for the processing of ambulatory electrocardiogram

Carlos R. Vázquez Seisedos¹, João Evangelista Neto², Alexander A. Suárez León³, Roberto C. Limão de Oliveira⁴

¹Centro de Estudios de Neurociencias, Procesamiento de Imágenes y Señales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. (cvazquez@fie.uo.edu.cu)

²Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil. (joao_evangelista_neto@yahoo.com)

³Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. (aasl@fie.uo.edu.cu)

⁴Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil. (limao@ufpa.br)

ABSTRACT

The Electrocardiogram (ECG) ambulatory monitoring has three stages: acquisition, processing and analysis, in each one, the information on ECG signal itself or the time series extracted from it are affected by noises, interferences and artifacts. The analysis of the duration and variability of heart intervals establishes rules for the selection of valid beats and to determine with accuracy the fiducially points, especially the T wave end. This paper describes two problems and their solutions involved in the processing stage. First, a method is described to identify the valid beats for heart rate variability analysis, and then another one is presented for the determination of T wave end point, based on the calculation of trapezes areas. The validation of both methods exhibits excellent performance indexes in comparison with other approaches.

Keywords: ECG, T-wave end, ECG classification, artifacts

Duas soluções no processamento do eletrocardiograma ambulatorial

RESUMO

A monitorização do Eletrocardiograma (ECG) ambulatorial tem três etapas: aquisição, processamento e análise, em cada uma, a informação do sinal de ECG e das séries temporais extraídas deste está afetada por ruídos, interferências e artefatos. A análise da duração e variabilidade dos intervalos cardíacos estabelece regras para a seleção dos batimentos válidos e para determinar com exatidão os pontos característicos, especialmente o final da onda T. Neste artigo é descrito dois problemas e suas soluções envolvidos na etapa de processamento. Primeiro, é descrito um método para identificar os batimentos válidos para a análise da variabilidade da frequência cardíaca, e logo é apresentado outro método para estimar a posição do ponto final da onda T, baseado no cálculo de áreas de trapézios. A validação de ambos os métodos exibe excelentes métricas de desempenho em comparação com outros métodos.

Palavras Chaves: ECG, final de onda T, classificação de ECG, artefatos.

1 INTRODUÇÃO

A monitorização ambulatorial do electrocardiograma (ECG) abrange as seguintes etapas: (1) aquisição, (2) processamento e (3) análise. Cada etapa inclui aspectos de extrema importância, e retos ainda por resolver. A ênfase deste trabalho está na etapa (2) para propiciar as condições visando aumentar a exatidão na etapa (3).

O processamento do ECG ambulatorial inclui os seguintes passos: (a) pré-processamento, (b) detecção de pontos R, (c) segmentação e normalização, (d) extração de características, (e) agrupamento, (f) delimitação de outras ondas, por exemplo, as ondas P, Q e T, (g) cálculo das séries temporais associadas a intervalos

cardíacos, por exemplo: as séries RR (entre picos de ondas R consecutivos) e RTe (do pico da onda R a final da onda T). O processamento inclui o uso de métodos de inteligência computacional (passos (c) a (e)) para identificar os batimentos válidos ou normais. Os batimentos que forem reconhecidos como artefatos (fisiológicos ou técnicos) serão excluídos da análise. A classificação de arritmias atriais ou ventriculares é um tema amplamente abordado [1] mas não a classificação de batimentos que constituírem artefatos a efeitos da análise da variabilidade da frequência cardíaca (HRV) e da repolarização ventricular (QTV). Este tipo de enfoque não é usual na bibliografia. Dentre os métodos de extração de características mais usados estão o PCA linear e a transformada discreta do cosseno (DCT). O método de

agrupamento mais usado é o Perceptron multicamada (MLP). Em menor proporção (em ordem decrescente) são empregados os seguintes métodos de agrupamento: Máquina de suporte vetorial (SVM), Quantificação vetorial adaptativa (LVQ) e Funções de base radial (RBF).

Outro aspecto chave na análise da QTV, é que a presença de ruídos no ECG ambulatorial provoca inexatidões na determinação do final da onda T (ponto Te). Ao respeito, a revisão do estado da arte mostra as seguintes limitações:

- Os métodos para estimar o ponto Te não analisam seus desempenhos em presença de ruído. A única exceção [2] só experimenta com sinais sintéticos de forma qualitativa,
- Em outros casos, a influência do ruído não é analisada no ponto Te senão em intervalos diferenciais que incluem ele, por exemplo, RTe , e o número de morfologias é muito pequeno [3][4].
- Muitos métodos de estimação empregam regras de decisão baseadas em limiar [5][6] que são muito dependentes de ruído.

O objetivo deste artigo é apresentar duas soluções aos seguintes aspectos de processamento do ECG ambulatorial:

1. Reconhecimento de batimentos válidos para à análise da HRV e QTV.
2. Detecção do final da onda T (robusta a ruído).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A monitorização ambulatorial do ECG permite seguir as atividades cotidianas do paciente possibilitando o estudo de casos que pudessem ter episódios arritmicos fatais, incluindo morte cardíaca súbita (SCD, *Sudden Cardiac Death*). A causa principal da SCD é o infarto agudo de miocárdio (IAM). Estima-se que aproximadamente 75% dos pacientes que faleceram subitamente tiveram um infarto de miocárdio assintomático [7].

Nos últimos anos foram desenvolvidos diversos métodos e algoritmos para estimar o pico da onda R ou ponto R [8] o qual facilitou um amplo estudo das variações fisiológicas e patológicas do intervalo RR (entre picos de ondas R consecutivas). O mesmo não se pode afirmar para a estimação do ponto final da onda T (Te), e dos intervalos associados, QT (do início da onda Q ao final da onda T) ou RTe (desde o ponto R ao ponto Te). O Te é um dos pontos mais difícil de determinar devido à suave transição do sinal ao redor dele, eventualmente contaminado por ruído, como é observada na Figura 1.

A diminuição da variabilidade (desvio padrão) do intervalo RR entre batimentos consecutivos (HRV: *Heart Rate Variability*) foi sugerido como um preditor independente de SCD em pacientes pós-infarto [9]. O alongamento do intervalo QT foi descrito como um preditor de morte súbita em pacientes pós-infarto e arritmias malignas [10]. A variabilidade temporal (batimento a batimento) do intervalo QT (QTV: QT variability) ou espacial (QTD: QT

Dispersion) são medidas da heterogeneidade da repolarização ventricular e tem sido de grande relevância na predição de taquicardia e fibrilação ventricular, eventos previos à SCD [11].

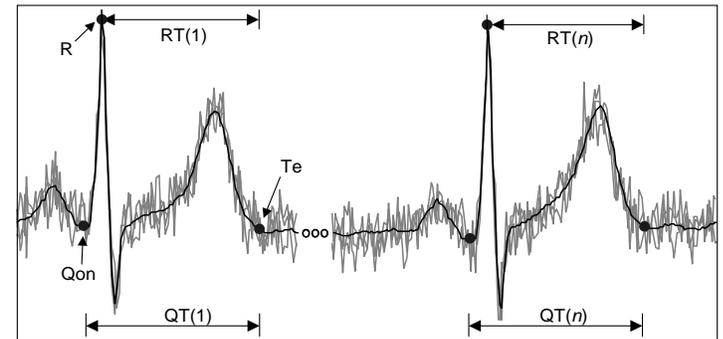


Figura 1. Pontos característicos R e Te e intervalos QT e RT associados à repolarização ventricular em um eletrocardiograma contaminado com ruído de banda larga de origem muscular.

Os valores do desvio padrão das séries QT são pequenos (menores de 20ms) tanto para sujeitos sãos quanto para sujeitos patológicos. Isso cria um desafio para determinar o ponto Te com uma exatidão e precisão tal que seja possível diferenciar pequenas margens de variabilidade. Por exemplo, se o período de amostragem do sinal de ECG for igual a 4 ms, um erro de detecção de 4 amostras (16ms) introduziria um erro significativo no diagnóstico usando a variabilidade do QT.

Para melhorar a exatidão e precisão da detecção do ponto Te, nos últimos vinte anos vários métodos e algoritmos têm sido propostos baseados em intersecção de linhas [12], limiar na primeira derivada da onda T [5], cálculo de: distâncias [13], ângulos [14] e áreas [15]; correlação com um padrão [16], uso de: modelos matemáticos [17] e a transformada wavelet [18], dentre outros. De todos eles, os mais reportados nos últimos cinco anos são os algoritmos baseados na transformada wavelet, os quais continuam usando os critérios de limiar nas diferentes escalas da wavelet, o qual aumenta sua sensibilidade ao ruído.

Em situações de alta atividade física, o ruído devido à contrações musculares constitui a principal fonte de erro na estimação do ponto Te (Figura 1) e portanto, da análise da QTV e QTD. Este tipo de ruído possui características espectrais de banda larga e pode ser modelado como ruído branco gaussiano de média zero. A análise da QTV em presença de ruído de banda larga requer uma detecção exata do final da onda T devido à pequena variabilidade do intervalo QT (ou RT).

A melhora da exatidão e a precisão na estimação do ponto Te em presença deste tipo de ruído e de outros que afetam ao sinal de ECG ambulatorial é um dos tópicos de pesquisa ainda aberto.

O grande desafio da monitorização ambulatorial é a presença de artefatos devido a causas de origem técnica e fisiológica [19]. Os artefatos no ECG são perturbações que afetam (parcial ou totalmente) à morfologia do sinal eletrocardiográfico. Os algoritmos de detecção de pontos no ECG mais sofisticados falham em presença de artefatos, provocando falsos positivos (artefatos detectados como batimentos) e falsos negativos (batimentos não detectados) nas séries temporais RR, QT e outras.

Para que a análise da HRV ou QTV seja válida, segundo a comissão denominada como Task Force [20], deve-se verificar que cada onda R detectada corresponda a um batimento completo que tenha sido originado no nodo sinoatrial e onde não exista nenhum tipo de bloqueio da atividade elétrica quando o impulso elétrico transite pelos ramos direito e esquerdo do feixe de His e suas correspondentes ramificações finais ou fibras de Purkinje (Figura 2). Caso contrário e para fins de estudos da HRV e a QTV, o batimento será considerado como um artefato localizado nas posições correspondentes das séries temporais RR ou QT, respectivamente, e deveria ser excluído da análise.

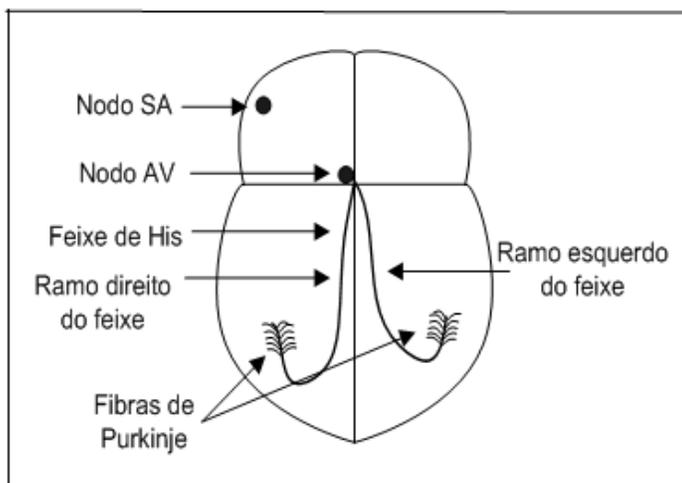


Figura 2. Sistema de condução da atividade elétrica do coração

Os artefatos no ECG podem ser de origem fisiológica e técnica (por exemplo, os artefatos devido ao movimento do paciente). Para atingir o critério anterior é necessário realizar um reconhecimento morfológico automatizado, batimento a batimento no sinal de ECG, que valide os batimentos válidos (normais) e não válidos (a partir daqui denominados de artefatos). Por exemplo, um extra-sístole supraventricular possui um padrão muito parecido a um batimento normal, mas não possui onda P. Portanto, se nesse batimento fossem obtidos os pontos R e Te, e posteriormente o intervalo RTe, estar-se-ia cometendo um erro. O mesmo ocorreria com um artefato de origem técnica que tenha uma morfologia parecida a uma onda R, e seja detectado como tal.

A monitorização ambulatorial expôs um problema que ainda não está completamente resolvido: a obtenção de um diagnóstico que seja robusto à presença de artefatos no ECG, e de falsos positivos e negativos nas séries temporais RR e QT.

Até o presente, muitos trabalhos foram desenvolvidos para o reconhecimento morfológico de batimentos especialmente para diagnosticar diversos tipos de arritmias atriais ou ventriculares [1][21]. A metodologia de validação emprega sinais reais, mas não são usados sinais sintéticos. Visto que o uso destes sinais permite a inclusão de artefatos (fisiológicos e técnicos) de múltiplas morfologias em um batimento, que não são observados nas bases de dados reais disponíveis. Apesar de que os sinais de ECG de bases de dados constituem situações reais, a validação robusta e sensível a rápidas mudanças morfológicas entre batimentos requer uma ampla variedade de morfologias, que também não estão

disponíveis nestas bases de dados de sinais. Não foi encontrada nenhuma publicação para classificar batimentos que constituírem artefatos para efeitos da análise da HRV e a QTV. Este tipo de enfoque não aparece reportado na bibliografia.

Os aspectos mencionados nos parágrafos anteriores inspiraram a ideia de desenvolver diversos métodos de processamento de sinal, usando métodos de inteligência computacional, que sejam mais exatos e robustos em presença de elementos que contaminem a informação diagnóstica presente no sinal de ECG nos diversos cenários da monitorização ambulatorial. Especificamente este trabalho centra seu interesse em resolver dois problemas relacionados com a análise do intervalo de repolarização ventricular durante monitorização ambulatorial do ECG. O primeiro é a pesquisa de um método para o reconhecimento de batimentos que constituírem artefatos para efeito do estudo de sua variabilidade. Para essa finalidade são usadas técnicas de inteligência computacional. O segundo é a pesquisa de um algoritmo para a detecção do final da onda T, que seja pouco sensível à presença de ruído branco gaussiano.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Nos dois métodos explicados nesta secção pressupõem que os picos das ondas R foram previamente identificados, o que equivale a empregar a um algoritmo infalível para estimar esse pontos. Neste trabalho serão usadas as marcações dos pontos R realizados pelos especialistas nas bases de dados correspondentes, mas na prática, pode ser usado qualquer detector R com suficiente robustez. Em [8] existe uma extensa revisão de métodos para esta finalidade.

A. Reconhecimento de batimentos

O alvo é pesquisar uma combinação ótima de métodos de extração de características e de agrupamento dentre os citados anteriormente. A busca da combinação ótima foi realizada seguindo os seguintes passos:

1. Caracterização do desempenho conjunto dos três métodos de extração (DCT, PCA e KPCA) e os quatro classificadores citados (MLP, SVM, LVQ e RBF), realizando uma avaliação parcial com 4000 batimentos reais. O objetivo é investigar o método de agrupamento de melhor desempenho,

2. Avaliação global dos três métodos de EC para o método de agrupamento selecionado no passo 1, usando todos os batimentos da MIT-BIH Arrhythmia Data base (110192 batimentos)

Preprocessamento – foi usado um filtro passa-faixa, consistente em um filtro passa-altas (Butterworth, fase zero, 6ta. Ordem, frequência de corte igual a 0,6 Hz) em cascata com um filtro passabaixas (Butterworth, fase zero, 12ma ordem, frequência de corte igual a 45 Hz). Posteriormente, o sinal foi convertido num sinal de variancia unitaria, para garantir invariancia com respeito à amplitude, para qualquer batimento.

Segmentação – Foi empregada uma janela assimétrica de um tamanho fixo aoredor do pico R. O comprimento da janela foi

igual a 235 amostras (valor máximo) incluindo o ponto R. Para a seleção do número de amostras à direita e à esquerda do ponto R, foi usado a média da relação PR/QT para os valores mínimos e máximos. A 360 Hz os valores resultantes são 92 amostras à esquerda (39% do total das amostras) e 142 amostras à direita (61% do total das amostras).

O desempenho de cada classificador foi avaliado mediante o cálculo de: Especificidade (E), Sensibilidade (S) e Valor Preditivo Positivo (VPP), a partir das tabelas de confusão de cada classificador para as 2 classes definidas: Normal (NRMB) e Artefato (ARTF) como se observa na figura 3.

Estimadas Classes estimadas

NORM	TP	FP
ARTF	FN	TN
	NORM	ARTF

Classes reais

$$S(\%) = \frac{TP}{TP + FN} \times 100, \quad (1)$$

$$E(\%) = \frac{TN}{TN + FP} \times 100 \quad (2)$$

$$VPP(\%) = \frac{TP}{TP + FP} \times 100 \quad (3)$$

Figura 3. Matriz de confusão para cada classificador. VP: verdadeiros positivos, VN: verdadeiros negativos, FP: Falsos positivos, FN: Falsos negativos, S: Sensibilidade, E: Especificidade, VPP: Valor preditivo positivo.

Para verificar se as diferenças entre os diferentes classificadores são estatisticamente significativas, foi usado o Test de McNemar, que é baseado no cálculo do estadígrafo de McNemar, definido como:

$$z = \frac{|n_{01} - n_{10}| - 1}{\sqrt{n_{01} + n_{10}}} \quad (4)$$

Sendo:

n_{01} : número de amostras mal classificadas por A mas não por B.

n_{10} : número de amostras mal classificadas por B mas não por A.

B. Detecção do final da onda T

Para detectar o ponto Te, de forma robusta ao ruído de banda larga foi proposta o método de áreas de trapézios (TRA). O método TRA está baseado no cálculo de áreas sucessivas de trapézios retangulares com dois vértices fixos e dois móveis: (x_i, y_i) e (x_r, y_r) . O ponto móvel (x_m, y_m) é deslocado pelo sinal de (x_m, y_m) a (x_r, y_r) , enquanto a área total é calculada (figura 4).

O final da onda T será definido como o ponto onde a área A do trapézio é máxima. A fórmula da área do trapézio é:

$$A = 0,5 (y_m - y_i) (2x_r - x_i - x_m) \quad (5)$$

Sendo:

- (x_m, y_m) a abscissa e a ordenada, respectivamente, de um ponto com a máxima derivada absoluta após o pico da onda T.
- (x_r, y_r) a abscissa e a ordenada, respectivamente, de um ponto de referência localizado no segmento T-P isoeletrico. O local exato não é muito importante contanto que o ponto esteja após o final da onda T.
- (x_i, y_i) é a abscissa e ordenada, respectivamente, de um ponto móvel entre os dois pontos anteriores.

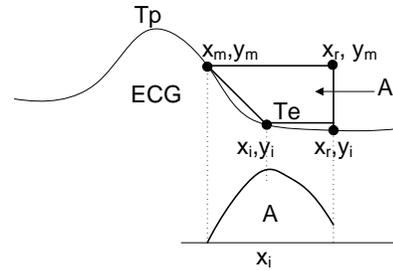


Figura 4. Determinação do final da onda T (ponto Te) para uma onda monofásica mediante o cálculo das áreas dos trapézios.

O pré-processamento previo consiste em:

1. Filtragem passa-altas do sinal do ECG (Butterworth, bidirecional, 4ª ordem, à frequência de 0,5 Hz) para reduzir as flutuações da linha base.
2. Filtragem passa-baixas do ECG obtido em (1) (Butterworth, bidirecional, 4ª ordem, à frequência de 30 Hz) para reduzir ruídos e interferências.

A quantidade z^2 se distribui aproximadamente como χ^2 com um grau de liberdade. A hipótese nula H_0 (os dois classificadores têm o mesmo erro) pode ser rejeitada com uma probabilidade de erro de 0,05 se $|z| > 1,96$. A hipótese alternativa H_1 é que os classificadores têm erros distintos. Se o resultado $|z|$ é significativo, então há suficiente evidência para rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa, o que significa que os classificadores não têm o mesmo erro e, por

consequente as diferenças nos índices de desempenho são estatisticamente significativas. O estádgrafo $|z|$ foi obtido para cada par de classificadores dentre todas as combinações possíveis, para o caso da avaliação global que constitui a população experimental maior e, portanto, o caso mais desfavorável. Para o caso de ondas bifásicas ou somente ascendente ou descendente, o ponto (x_m, y_m) é escolhido de tal modo que a seção da onda entre este ponto e o ponto (x_r, y_r) tenha um tendência monótona crescente ou decrescente.

Desempenho em condições ruidosas – Para caracterizar o desempenho em presença de ruído para cada sinal de ECG da QTDB, foi realizado o seguinte procedimento:

1. Filtragem passa-altas, em seguida passa-baixas, similar ao pré-processamento descrito para o algoritmo TRA.
2. Obtenção do final de onda T de referência usando o método X (T_{RX}). O sub índice de “X” será “D” para o método do limiar na primeira derivada [5] de amplo uso; e T para o método de áreas de trapézios.
3. Cálculo da amplitude pico da onda T de referência (A_{TWP}) usando os valores anotados pelos especialistas.
4. Para cada batimento do sinal ECG filtrado, foi adicionado ruído branco (WN) com amplitude igual a um $N\%$ de A_{TWP} , $N = \{3\%, 5\%, 10\%, 20\%\}$. Para cada nível de ruído, foram geradas 200 realizações de WN e adicionadas ao sinal de ECG filtrado; então foi filtrado passa-baixa conforme a etapa 2 do pré-processamento, e finalmente foi calculada a média dos 200 respectivos finais de onda T. Este valor se torna o final de onda T para o nível de ruído N e método X (T_{NX}).
5. Obtenção das estimativas sucessivas do final de onda T para cada batimento i , nível de ruído N e método X (T_{NXi}).
6. Cálculo do erro relativo percentual modular (E_{NX}) para o algoritmo “X” e nível de ruído N segundo a expressão seguinte:

$$E_{NX} = \sum_{i=1}^k \left(\left| \frac{T_{NXi} - T_{RXi}}{T_{RXi}} \right| \right) \times 100 \quad (6)$$

Onde:

- k é o número total de batimentos anotados por ambos os cardiologistas (3112).
- T_{NXi} é o i -ésimo final de onda T obtido pelo algoritmo X quando o nível de ruído é $N\%$ de A_{TWP} . $N = \{3\%, 5\%, 10\%, 20\%\}$ referendado ao valor máximo da onda T (ponto T_m).
- T_{RXi} é o i -ésimo final de referência de onda T para o algoritmo X , referendado ao ponto T_m . Para o algoritmo de limiar na primeira derivada (THD), são usados os fatores de limiar seguintes: $K = 2$ (50%) e $K = 5$ (20%).

O E_{NX} é a média global dos erros de detecção relativo modulares devidos ao ruído somado. Este parâmetro dá uma idéia do deslocamento para diante ou para trás (ou seja, absoluto)

da posição do final da onda T devido ao efeito do ruído. Assim, E_{NX} é uma medida do desempenho de método em condições ruidosas.

O processamento dos sinais foi realizado com Matlab 7.7 (The Math-Works, Inc, Natick, MA, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Reconhecimento de batimentos

Avaliação parcial – Das 36 combinações possíveis, o classificador MLP obteve os melhores resultados, para todas as variantes de extração de características, tanto em treinamento quanto a validação. A figura 5 apresenta os valores da Especificidade obtidos. O desempenho foi similar para os outros indicadores [21].

Avaliação global – Na tabela 1 apresenta os resultados da avaliação para 110192 batimentos da base de dados. Só foram excluídos 96 batimentos, o primeiro e o último de cada registro. Para 10 componentes, o método PCA + MLP supera em especificidade e valor preditivo positivo aos outros dos métodos, embora é menos sensível que DCT + MLP e KPCA + MLP, nessa ordem. Para 15 e 20 componentes, o método KPCA + MLP é superior a DCT + MLP e PCA + MLP, apresentando desempenhos maiores que (o iguais a) os melhores obtidos pelos outros dois métodos.

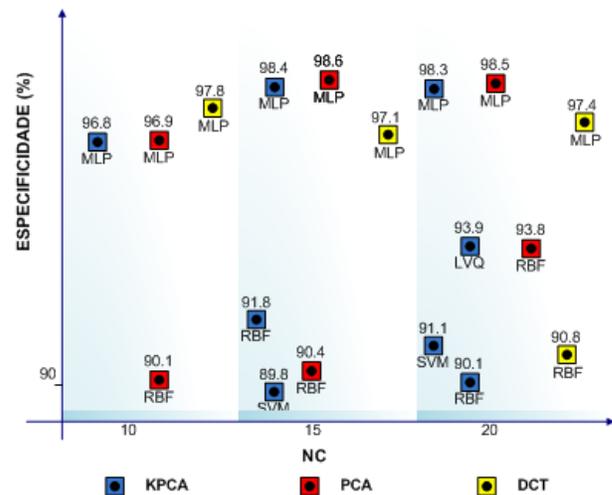


Figura 5. Índice de especificidade para cada classificador.

Tabela 1. Todos os classificadores usando MLP.

Classif.	Validação								
	DCT			PCA			KPCA		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
S_p (%)	94	95	96	95	96	97	95	96	97
S_e (%)	95	95	95	94	95	94	94	95	95
PPV (%)	97	98	98	98	98	98	97	98	98

Custo computacional – A custo computacional médio de KPCA + MLP é 1094 vezes maior que PCA+MLP, e 370 maior que DCT + MLP.

Os valores do estadígrafo $|z|$ estão entre 5,6 e 222,3. Assim, para todos os classificadores, pode ser rejeitado a hipótese nula e por tanto é possível estabelecer que as diferenças encontradas nos índices de rendimento para cada um dos classificadores propostos são estatisticamente significativas. Não foi possível comparar os resultados com outros estudos sobre reconhecimento de artefatos, devido a que não existem (até nosso conhecimento).

B. Detecção do final da onda T

Desempenho em condições ruidosas – A avaliação do método de áreas de trapézios usando a base de dados QTDB mostrou excelentes resultados de exatidão e precisão [22].

A figura 6 apresenta os valores do erro relativo percentual modular (E_{NX}) para cada algoritmo e nível de ruído. Em todos os casos, o erro do algoritmo TRA é menor que o obtido com o algoritmo THD com uma alta significação ($p \leq 8,9 \times 10^{-7}$ ou até menor). Este resultado mostra o melhor desempenho do algoritmo TRA em presença de níveis baixos, meio e altos de ruído. [

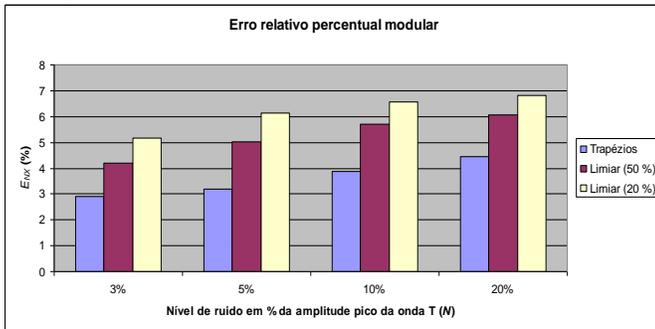


Figura 6. Erro relativo percentual modular versus nível de ruído para os algoritmos: TRA e THD. O valor dos diversos testes de hipótese (t-student) para cada algoritmo com respeito ao algoritmo dos trapézios está demarcado por uma probabilidade $p \leq 8,9 \times 10^{-7}$.

Para o limiar de 50%, o erro médio do algoritmo THD é o menor, corroborando com os resultados apresentados em [5] e é mais alto para o limiar $K = 5$ (20%). Nos experimentos de Laguna [5], era só considerado o caso com $K = 2$ (50%) porque experimentalmente mostrou o melhor desempenho. Não obstante para $K = 2$, o ponto Te fica mais longe do verdadeiro final.

5. CONCLUSÃO

O compromisso entre os indicadores de desempenho e o custo computacional sugere usar a combinação KPCA (extração de características) e MLP (agrupamento). Apesar de seu maior custo computacional, o método KPCA pode ser implementado com recursos relativamente modestos levando em conta as tecnologias computacionais atuais. A futura melhora e otimização do

algoritmo KPCA poderia assegurar maior eficiência e velocidade, por exemplo, usando dispositivos programáveis.

Para detectar o final da onda T em sinais ambulatoriais com alto nível de ruído branco, se sugere usar o algoritmo dos trapézios pela robustez apresentada, além da vantagem de não empregarem nenhum fator empírico para seu funcionamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ceylan, R., Özbay, Y. **Comparison of FCM, PCA and WT techniques for classification ECG arrhythmias using artificial neural network.** Expert Systems with Applications, 33, pp. 286-295, 2007.
- [2] Martinez A, Alcaraz R, Rieta JJ: **Application of the phasor transform for automatic delineation of single-lead ECG fiducial points.** Physiol. Meas. 2010, 31: 1467-1485
- [3] Porta A, Baselli G, Lambardi F, Cerutti S, Antolini R, Del Greco M, Ravelli F, Nollo G. **Performance assessment of standard algorithms for dynamic R-T interval measurement: Comparison between R-Tapex and R-Tend approach.** Med. Biol. Eng. Comput. 1998, 36: 35-42.
- [4] Tikkanen PE, Sellin LC, Kinnunen HO, Huikuri H V. **Using simulated noise to define optimal QT intervals for computer analysis of ambulatory ECG.** Medical Engineering & Physics 1999, 21: 15-25.
- [5] Laguna P, Thakor NV, Caminal P, Jane R, Yoon HR, Bayes de Luna A. **New algorithm for QT interval analysis in 24-hour Holter ECG: performance and applications.** Med Biol Eng Comput. 1990, 28: 67-73.
- [6] Martinez JP, Almeida R, Olmos S, Rocha A P, Laguna P. **A Wavelet-Based ECG Delineator: Evaluation on Standard Databases.** IEEE Trans. Biomed. Eng. 2004, 51: 570-581.
- [7] Sociedade Brasileira de Cardiologia. **III Diretriz sobre tratamento do infarto agudo do miocárdio, 2004.** Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2004002200001. Acesso em: 25 mar. 2012.
- [8] Köhler, B. U., Hennig, C., Orglmeister, R. **The Principles of Software QRS Detection.** Reviewing and Comparing Algorithms for Detecting this Important ECG Waveform. IEEE Engineering in Medicine and Biology, pp. 42-57, 2002.
- [9] Kleiger, R.E.; Miller, J.P. ; Bigger, J.T.; Moss, A.J. **Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction.** Am. J. Cardiol, 59, 1987, pp. 256-262.
- [10]. Schwartz P.J., Wolf S. **QT interval prolongation as predictor of sudden death in patients with myocardial infarction.** Circulation, 57, 1978, p. 1074-1079.
- [11] Haigney M.C., Zareba W., Gentlesk P.J., Goldstein R.E., Illovsky M., McNitt S., Andrews M.L., Moss A.J., **The madit II investigators.** QT Interval Variability and Spontaneous Ventricular Tachycardia or Fibrillation in the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial (MADIT) II Patients. J Am Coll Cardiol, vol 44 (7), 2004, p. 1481-87.
- [12] Ferreti Gf, R.E. L; Zayat, M; Mazzara, D; Rimatori, C; Pupita, G; Mannello, B; Russo, P. **A New Method for the Simultaneous Measurement of the RR and QT Intervals in Ambulatory ECG**

Recordings. Computers in Cardiology, IEEE Computer Society, 1992, p. 171-174.

[13] Helfenbein, E. D; Zhou, S. H; Lindauer, J. M.; Field, D.Q.; Gregg, R. E, Wang, J. J.; Kresge, S. S.; Michaud, F. P. **An algorithm for continuous real-time QT interval monitoring.** Journal of Electrocardiology, 39, 2006, p. 123-127.

[14] Daskalov, I.K.; Christov, I.I. **Automatic detection of the electrocardiogram T-wave end.** Med. Biol. Eng. Comput. 37, 1999, p. 348-353.

[15] Zhang, Q.; Illanes Manriquez, A; Médigue, C.; Papelier, Y.; Sorine, M. **An Algorithm for Robust and Efficient Location of T-Wave Ends in Electrocardiograms.** IEEE Trans. Biomedical Engineering. 53, 2006, p. 2544-2552.

[16] Last T, Nugent C.D, Owens F J. **Multi-component based cross correlation beat detection in electrocardiogram analysis.** Biomedical Engineering. Online, 26, 2004. Disponível em: <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/3/1/26>.

[17] Vila, J.; Gang, Y.; Presedo, J.; Fernández-Delgado, M.; Barro, S.; Malik, M. **A new approach for TU complex characterization.** IEEE Trans. Biomed. Eng. 47, 2000, p. 764–772.

[18] Martínez, J.P.; Almeida, R.; Olmos, S. Rocha, A. P.; Laguna, P. **A wavelet-Based ECG Delineator: Evaluation on Standard Databases.** IEEE Trans. Biomedical Engineering. 51, 2004, p. 570-581.

[19] Vázquez Seisdedos, Carlos R. **Análisis del ECG en monitorización ambulatoria para el diagnóstico cardíaco y la predicción de muerte cardíaca súbita.** 2001, p. 1-327. Disponível em: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-1105108-111710/>. Acesso em: 11 out. 2011.

[20] **Task Force of The European Society Of Cardiology And The North American Society Of Pacing And Electrophysiology.** Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. European Heart Journal, 17, 1996, p. 354-381.

[21] Vázquez-Seisdedos, CR, Suárez León AA, Evangelista Neto J. **A Comparison of Different Classifiers Architectures for Electrocardiogram Artefacts Recognition, Lectures Notes on Computer Sciences 8259.** p. 487 ff. J. Ruiz-Shulcloper and G. Sanniti di Baja (Eds.): CIARP 2013, Part II, LNCS 8259, pp. 254–261, 2013. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

[22] Vázquez-Seisdedos CR, Neto JE, Reyes E.J.M, Klautau A, Oliveira RCL. **New approach for T-wave end detection on electrocardiogram: performance in noisy conditions.** Biomedical Engineering. Online 2011; 10 (77): 1–11.



Matrix polyester composite strengthened by munguba fiber (pseudobombax munguba) Amazon

Raimundo V. P. Lopes^{1*}, Jandecy C. Leite^{3*}, Roberto Tetsuo Fujiyama², Marcus R. B. Afonso¹, Eleodoro R. Hermenegildo¹

¹Universidade Federal do Amazonas, Rua 1º de maio N.5, Colônia. Benjamin Constant – AM – Brasil. CEP: 69630 – 000. Fone: +55(97)34155677 / +55(92)993878930, valdanlopes@hotmail.com

²Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correa 01 Guamá. Belém – Pará / Brasil. CEP: 66075-110. Fone: +55(91)32017435/ +55(91)93147699.

³Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM, Rua Via Láctea, 17, Morada do Sol. Aleixo. Manaus – Amazonas – Brasil. CEP: 69060-085. Fone: +55 (92) 3584-6145 ou +55 (92) 3248-2646, jandecy.cabral@itegam.org.br

ABSTRACT

The diversity of the species of the Amazon flora makes this region a large barn of plants suitable for the development of new polymeric composites. The article in question aimed to evaluate the mechanical properties of polyester composites reinforced by short fibers of Munguba from Amazon not only randomly arranged but also continuous and aligned fibers. For the evaluation of mechanical properties tensile test were used. The used method was qualitative and quantitative, comparing parameters obtained in composites developed by other literature. The results showed that for the investigated materials, the tensile strength increased with fiber length (5 mm - 9.61 (MPa) 10 mm - 12.16 (MPa) and 15mm - 19.91 (MPa)) and when they remained better aligned, uniform and occupying a larger contact area in the matrix, the comportment was better; and composites with continuous and aligned fibers revealed the most satisfactory mechanical performance (54,66MPa).

Keywords: Munguba Fiber (*Pseudobombax Munguba*); Polymeric composite; Mechanical Properties; Tensile test.

Matrix de composto fortalecidos de fibra de poliéster Munguba (*Pseudobombax Munguba*) Amazônia

RESUMO

A diversidade das espécies da flora Amazônica torna esta região um grande celeiro de plantas adequadas para o desenvolvimento de novos materiais compósitos poliméricos. O artigo em questão teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas dos compósitos de poliéster reforçado por fibras curtas de Munguba da Amazônia organizadas não só de forma aleatória, mas também fibras contínuas e alinhadas. Para a avaliação das propriedades mecânicas foram utilizados teste de tração. O método utilizado foi qualitativo e quantitativo, comparando parâmetros obtidos em compósitos desenvolvidos por outras literaturas. Os resultados mostraram que, para os materiais investigados, a resistência à tração com o aumento do comprimento da fibra (5 mm - 9,61 (MPa) 10 mm - 12.16 (MPa) e 15 milímetros - 19,91 (MPa)) e manteve-se melhor quando eles alinhados, uniforme e ocupando um área de contato maior na matriz, o comportamento foi melhor; e compósitos com fibras contínuas e alinhadas revelou o desempenho mecânico mais satisfatória (54,66MPa).

Palavras-chave: Munguba Fibra (*Pseudobombax Munguba*); Compostos poliméricos; Propriedades Mecânicas; Teste de tração.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos muitos esforços vêm sendo empregado por parte da indústria na busca por novos materiais com propriedades ecológicas e tecnológicas capazes de atender a novos requisitos tecnológicos e ambientais, em resposta à ineficiência no uso de materiais ditos convencionais e da dependência de matérias-primas provenientes de fontes não

renováveis, as quais, já sinalizam indícios de escassez para as próximas décadas [1,2]. Estes e outros fatores têm influenciado o aumento da taxa média de crescimento mundial de biocompósito que entre 2003 e 2007 foi de 38% ao ano, nesse mesmo período, a taxa de crescimento anual na Europa foi de 48%. Há, no entanto, uma previsão de superação da capacidade de produção que era de 0,36 milhões de tonelada ocorrida no ano de 2007,

para um aumento de 2,33 milhões de toneladas até 2013, e 3,45 milhões de toneladas até 2020 [1].

Este cenário tem contribuído para uma maior participação de fibras provenientes de fontes renováveis na indústria devido: sua baixa densidade, baixo custo, estimula a geração de renda no campo, possuem boas propriedades mecânicas, físicas e químicas, amplamente distribuídas, baixo consumo de energia na produção e no processamento, disponíveis, moldáveis, maciez e abrasão reduzida, porosas, viscoelásticas, biodegradáveis, além de promove um processo seguro sem risco de contaminação do trabalhador [3,4,5]. Diante dessa perspectiva, no Brasil, a região Amazônica por ser uma região de clima tropical, possui uma diversidade de plantas propícias ao uso no desenvolvimento de novos compósitos como é o caso da fibra de Munguba (*Pseudobombax munguba*). Esta, junto com fibras de outras espécies de plantas, é utilizada no cotidiano por moradores da região amazônica na fabricação de cordas envira, usadas na confecção de cestos, redes, utensílios de pesca e de caça, objetos artesanais e outros.

A Mungubeira é uma espécie de árvore da família *Malvaceae sensu lato*, subgrupo das famílias *Grewioideae*, *Byttnerioideae*, *Sterculioideae*, *Tilioideae*, *Dombeyoideae*, *Brownlowioideae*, *Helicteroideae*, *Malvoideae* e *Bombacoideae*, típicas das várzeas amazônicas [6]. Sendo esta a única espécie do gênero encontrada em toda extensa planície inundada que se espalha desde a Amazônia peruana e colômbiana, até as planícies da foz do Rio Amazonas na amazonia brasileira [7].

Estudo com compósito de matriz poliéster biodegradável reforçada por fibras de curauá tratadas e *in natura*, nos comprimentos de 5, 10 e 20 mm, os resultados de resistência à tração para compósitos com fibras de curauá *in natura* foram de 13,60 (MPa), 17,70 (MPa) e 14,50 (MPa). No caso de compósitos com fibras da curauá tratadas quimicamente, os valores de resistência a tração foram de 14,80 (MPa), 19,30 (MPa) e 22,2 (MPa), em ambos os casos, o desempenho mecânico obedeceu respectivamente ao tamanho das fibras [8]. Compósitos de resina poliéster de alta densidade reforçados por polpa de fibras de bambu alcançaram no ensaio de tração 17,5 (MPa), cujos resultados mais satisfatórios foram obtidos mediante o uso de compatibilizantes [9]. Compósitos de Poliuretano reforçados por fibras de curauá nas proporções de 5, 10 e 20 %, alcançaram no ensaio resistência à tração 14,7 (MPa), com desempenho mais satisfatório nos compósitos com proporções de 5% fibra curauá [10].

Em compósitos híbridos de poliéster insaturado reforçado por fibras curtas de sisal e seda de 1, 2 e 3 cm, os resultados mecânicos no ensaio de tração com base nos comprimento das fibras para compósitos híbridos com fibras *in natura*, foi de 16,57 (MPa), 18,94 (MPa) e 17,54 (MPa). No caso dos compósitos híbridos com fibras tratadas quimicamente, o resultado no ensaio de tração foi de 20,86 (MPa), 23,60 (MPa) e 21,31(MPa), sendo os compósitos tratados quimicamente, os que apresentaram melhores valores mecânico [11]. No caso de compósitos puros de matriz epóxi com fibras de banana e sisal de 15 mm, o resultado do ensaio de tração para compósitos com fibras de banana foi de 16,12 (MPa) e para os materiais compósitos com fibra de sisal foi de 21,20 (MPa) [12].

A pesquisa teve como objetivo, a otimização das propriedades de compósitos de matriz poliéster *tereftálico* reforçados por fibras de Munguba (*Pseudobombax Munguba*), em função do comprimento (mm), determinação da massa específica (%) e aspectos superficiais das fibras. Com o auxílio de microscopia eletrônica de varredura – MEV analisou-se a influência do comprimento e da massa específica das fibras utilizadas, e seus efeitos nas propriedades mecânicas dos compósitos, mediante a análise da fratura a partir do ensaio de tração. E cujas propriedades mecânicas foram comparadas as de compósitos reforçados por outras fibras vegetais.

II. MATERIAIS, MÉTODOS E APLICAÇÃO

Resina Poliéster: a resina utilizada foi a poliéster *tereftálica* insaturada e pré-acelerada, fabricada pela Royal Polímeros sob a denominação comercial de Denverpoly 754. O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butanox M-50), na proporção de 0,33% (v/v). A resina foi adquirida já pré-acelerada com *naftenato de cobalto* (CoNap) na proporção mássica de 0,15%. A proporção de agente de cura/resina de 0,33% (v/v), utilizada tende a melhorar o desempenho mecânico do compósito [13].

Fibra de Munguba: as fibras de Munguba foram extraídas de forma manual da parte intermediária e topo de árvores adultas nativas, com o uso de facões, na região de várzea do Curarí, situada às margens do rio Amazonas, no Município do Careiro da Várzea a 25,74 Km de Manaus/AM.

O desfibramento e a separação das fibras foram realizados manualmente, em seguida, cortadas com estiletos e tesouras manuais em que se obtiveram diferentes comprimentos de fibras com 5mm, 10mm e 15mm, sendo este um procedimento consideravelmente simples, uma vez que as fibras já haviam permanecido submersas em água em um recipiente por 48 horas, cujo intuito era torna-las maleáveis e de fácil manuseio. Tal processo foi realizado nas dependências do Laboratório de Materiais Compósitos da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará – UFPA.

Confecção dos copos de prova: a confecção dos corpos de prova do compósito consistiu em um processo bastante simplificado, mediante moldagem manual, utilizando moldes de silicone sem o uso de desmoldante e sem pressão. No caso do trabalho em questão, usou-se resina poliéster reforçada por fibras curtas dispostas aleatoriamente nos comprimento de 5, 10 e 15 mm, cujas proporções mássicas obedeceram respectivamente 10,08%, 10,58% e 5,22%.

A fabricação dos compósitos ocorreu mediante matriz previamente otimizada, para a fabricação de compósito com fibras curtas, misturando as quantidades pré-pesadas de resina, agente de cura e, no caso do trabalho em questão, diferentes porcentagens e tamanhos de fibras de Munguba em um Becker, com mistura homogeneizada num período de 5 (cinco) minutos e vazada a temperatura ambiente, em moldes de silicone.

A fração mássica de cada tipo de reforço utilizada na confecção dos compósitos teve como base a capacidade volumétrica do molde em acomodar o reforço sem pressão ou compactação e na ausência da matriz. Para cada tipo de reforço por as fibra de Munguba nas proporções de 5, 10 e 15 mm, os

moldes de silicone foram encheidos com reforço até o limite de sua capacidade volumétrica, sem aplicação de pressão ou vibração mecânica. Na sequência, cada reforço foi devidamente pesado, e o valor da massa obtida, convertida em fração mássica, sendo esta estabelecida como sendo a referência de incorporação e trabalhabilidade para a fabricação de compósitos sem pressão. A partir desse valor de referência foi possível estabelecer as proporções a serem utilizadas nos compósitos de reforço por diferentes quantidades de fibra de Munguba.

Uma vez estabelecidos os valores de referência para a fração mássica, deu-se início a confecção dos copos de prova para a avaliação da trabalhabilidade da mistura sobre o estado líquido, em que se avaliou sua moldabilidade e a molhabilidade da matriz sobre os reforços, sendo retificados os valores de referência. A partir desse procedimento pôde se estabelecer as proporções do compósito, os quais foram repetidas duas vezes para cada comprimentos das fibras Munguba previamente confeccionadas e proporção de fração mássica estabelecida (5 mm - 10,08%, 10 mm - 10,58% e 15 mm - 5,22%), sendo utilizado 0,33% (v/v) de gente de cura para cada série.

Ensaio de tração do material compósito: Os ensaios de tração ocorreram em conformidade com a norma ASTM D 638M. A confecção dos compósitos para o ensaio de tração ocorreu mediante o uso de moldes de silicone com um número de 24 (vinte e quatro) corpos de prova com matriz reforçada por fibras curtas de Munguba. Os quais foram ensaiados em uma máquina universal modelo KRATOS MKCA-KE, com sistema de aquisição de dados, com célula de carga de 5 KN, adotando velocidade de 5 mm/min e comprimento útil para medição entre garras de 60 mm.

Análises da superfície da fratura dos corpos de prova: A análise da superfície da fratura dos compósitos ocorreu mediante Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV, em que se analisou a morfológica da superfície da fratura e os principais mecanismos de falha de cada compósito ensaiado.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização das fibras de Munguba: as fibras de Munguba *in natura* foram caracterizadas quanto ao comprimento (mm), determinação da massa específica (%) e aspectos superficiais. A análise microestrutural ocorreu mediante Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV, em que se verificou o aspecto superficial e a seção transversal das fibras, além de amostras embutidas na matriz de poliéster *tereftálico*. A Figura 1 mostra por meio de MEV, o ângulo longitudinal e frontal da fibra, onde é possível observar microcavidade em sua superfície.

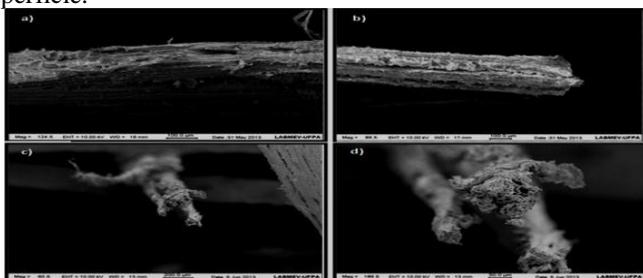


Figura 1: Imagem de MEV da fibra de Munguba *in natura*: a) ângulo longitudinal, b) microcavidades na superfície da fibra e c) e d) ângulo frontal da fibra.

O valor médio da massa específica das fibras de Munguba ocorreu em concomitância ao comprimento médio das fibras, sendo estas pesadas em balança de precisão modelo Marte, da Marte Balança e Aparelhos de Precisão LTDA. A determinação do teor de umidade/absorção máxima das fibras se deu mediante a secagem destas num período de 15 minutos em forno elétrico modelo Layr Midy Inox, onde se determinou o teor base de umidade em três (3) amostras de fibras, com massa total de 34,50 gramas. As fibras foram inicialmente pesadas e secas até a massa constante.

Características mecânicas e microestrutural dos materiais compósitos: a fabricação, acabamento, dimensionamento e marcação dos compósitos com fibra de Munguba ocorreram conformidade com especificações das normas ASTM D 638 e ASTM D 3039M para o ensaio mecânico de tração.

Materiais compósitos com fibras de Munguba de 5 mm: Os resultados obtidos no ensaio de tração para os compósitos de poliéster reforçado por fibras de Munguba nos comprimentos de 5 mm mostrados na Tabela 1 revelaram valores relativamente baixos no limite de resistência a tração.

Tabela 1: Resultados dos ensaios de tração de compósitos poliéster *tereftálico* reforçados por fibras de Munguba de 5mm.

	Força (kN)	Desloca. (mm)	Tensão Max (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação (mm/mm)
Média	0,32	2,01	9,61	0,29	0,03
Desv.	0,06	0,23	2,17	0,04	0,00

A Figura 2 fornece uma melhor compreensão do esforço mecânico aplicado, em que se constata vários ciclos de rompimento no compósito durante o ensaio de tração.

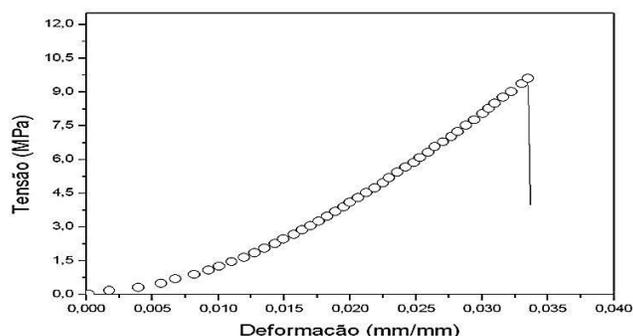


Figura 2: Tensão (MPa) versus Deformação (mm/mm) de corpos de prova de com fibras de 5mm.

A análise microestrutural de compósitos com fibras de Munguba de 5 mm oferece uma melhor compreensão do comportamento interno do compósito, considerando na respectiva análise, o comportamento das fibras de reforço, formação de trincas, crateras por deslocamento de fibras, como

forma de se obter resposta para o baixo valor mecânico obtido no ensaio de tração com esse tipo de compósito.

A Figura 3 mostra múltiplas crateras e fibras expostas em um plano definido, resultado do arrancamento (*pull out*) de fibra da matriz, consequência da baixa adesão fibra-matriz em compósito com fibras de 5 mm, sendo o tamanho das fibras neste caso, um fator limitante considerando que estas passavam a ocupar uma área de contato menor na região da matriz. Além da presença de fibras em direção transversal com desalinhamento e não uniformidade, e fibras rompidas com o esforço mecânico aplicado.

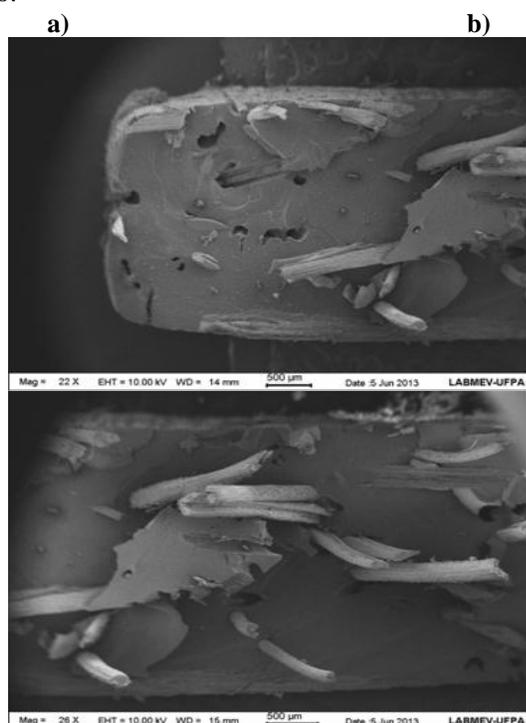


Figura 3: Superfície de fratura de compósito poliéster tereftálico reforçado por fibras de Munguba de 5 mm: a) e b) múltiplas crateras provocadas pelo arrancamento de fibras (*pull out*) do compósito durante o esforço mecânico aplicado.

Materiais compósitos com fibras de Munguba de 10 mm: Os resultados obtidos no ensaio de tração para os compósitos de poliéster reforçados por fibras de Munguba de 10 mm, mostrados na Tabela 2 alcançaram um maior valor médio no limite de resistência à tração, com uma diferença de 2,55 (MPa) em comparação aos reforçados por fibras de 5mm.

Tabela 2: Resultado do ensaio de tração de compósitos poliéster tereftálico reforçado por fibras de Munguba nas proporções de 10mm.

	Força (kN)	Desloca. (mm)	Tensão Max (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação (mm/mm)
Média	0,40	2,69	12,16	0,27	0,04
Desv.	0,09	0,44	2,46	0,03	0,01

A Figura 4 mostra o gráfico Tensão (MPa) versus Deformação (mm) dos corpos de prova após o ensaio de tração

para compósito de poliéster reforçado por fibras de munguba de 10 mm de comprimento, em que se obteve uma diferença de 21% (MPa), em comparação aos com fibras de 5 mm.

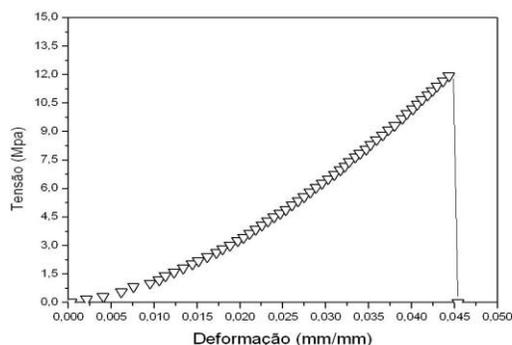


Figura 4: Tensão (MPa) versus Deformação (mm/mm) de corpos de prova de com fibras de 10mm.

Na análise interna da fratura de compósito com fibras de Munguba de 10 mm por meio de MEV foi constatado uma maior resistência mecânica dos compósitos, considerando a integridade das fibras e da superfície do mesmo, em comparação aos com fibras de 5 mm. Constata-se ainda, a ocorrência de arrancamento (*pull out*) de fibras e crateras disformes provocadas pela baixa interação das fibras na matriz como mostra a Figura 5.

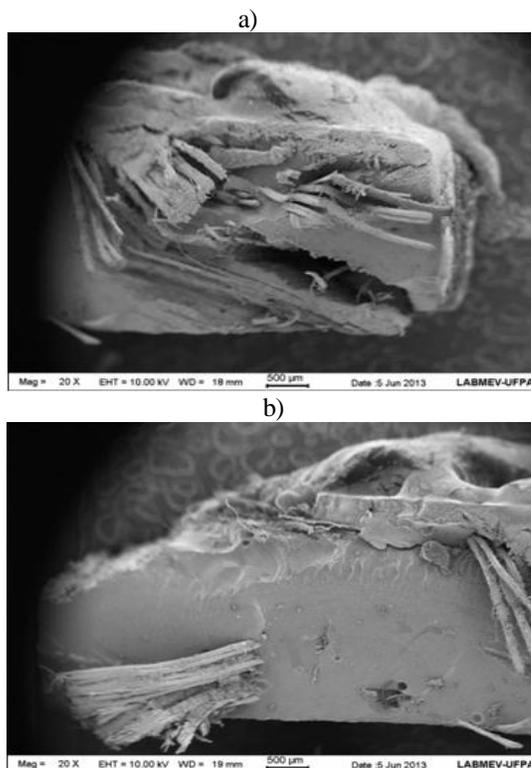


Figura 5: Superfície de fratura de compósito poliéster tereftálico reforçado por fibras de Munguba de 10 mm, cuja seta preta indica a ocorrência de crateras disforme e a seta branca o arrancamento (*pull out*) das fibras durante o esforço mecânico no compósito.

Materiais compósitos com fibras de Munguba de 15

mm: A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração mecânica dos compósitos reforçados por fibras de 15 mm. Fornecendo uma melhor compreensão do esforço mecânico aplicado e suas proporcionalidades nos compósitos, em que se obteve uma diferença de 52% (MPa) em comparação com os reforçados por fibras de 5 mm e, 39% (MPa) em comparação com os reforçados por fibras de 10 mm.

Tabela 3: Resultados dos ensaios de tração dos compósitos de poliéster *tereftálico* reforçado por fibras de Munguba nas proporções de 15mm.

	Força (kN)	Desloca. (mm)	Tensão Max (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação (mm/mm)
Média	0,63	3,03	19,91	0,39	0,05
Desv.	0,09	0,13	2,82	0,06	0,00

A Figura 6 mostra o gráfico Tensão (MPa) versus Deformação (mm) dos corpos de prova após o ensaio de tração para o compósito de poliéster reforçado por fibras de munguba de 15 mm de comprimento.

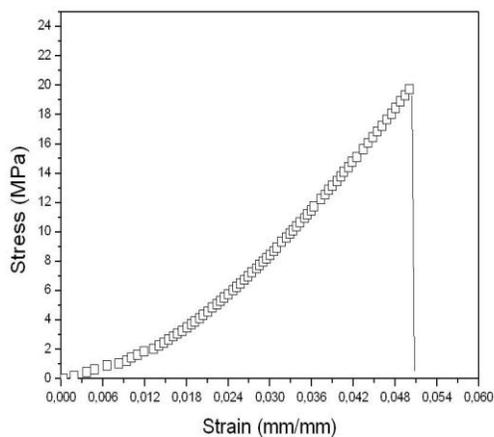


Figura 6: Força (N) versus alongamento (mm) com corpos de prova de 15 mm.

Na caracterização microestrutural interna do compósito com fibras de 15 mm, como mostra a Figura 7 foi evidenciado uma drástica redução de crateras e arrancamento de fibras (*pull out*) na matriz, com ocorrência de trincas (resultado da concentração de tensões) e bolhas conforme as setas pretas, com as fibras se mantendo integras durante esforço mecânico aplicado. Tal fato foi influenciado pelo comprimento das fibras, uma vez que estas ocupavam uma área de contato maior na matriz, além de estarem melhor alinhadas e uniformes, o que promoveu, por consequência, melhor interação interfacial fibra-matriz facilitando a transferência de carga da matriz para as fibras, garantindo dessa forma, resultados mecânicos mais satisfatórios para este tipo de compósito.

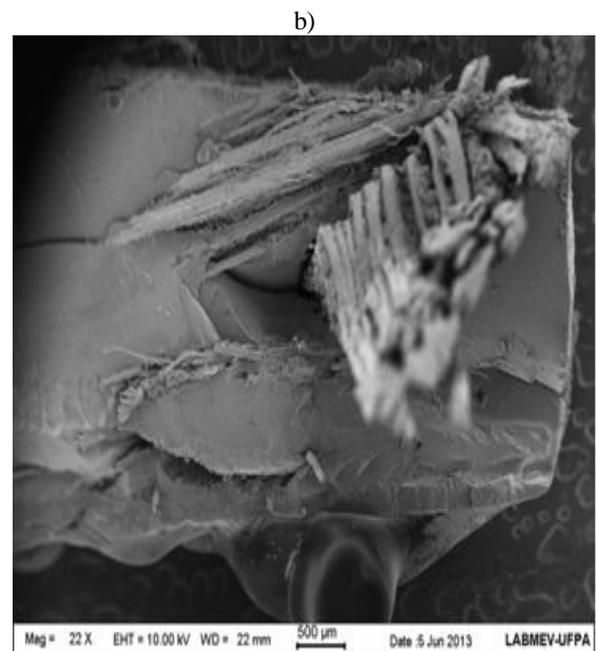
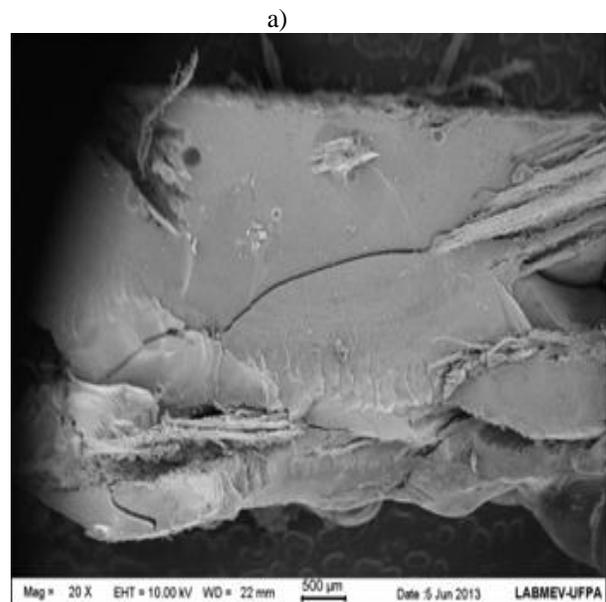


Figura 7: Superfície de fratura de compósito poliéster *tereftálico* reforçado por fibras de Munguba de 15 mm: a) trincas resultantes da concentração de tensão no compósito e b) rompimento e arrancamento (*pull out*) de fibras durante o esforço mecânico aplicado no compósito.

Materiais compósitos com fibras de munguba contínuas e alinhadas: Para o ensaio de tração com esse tipo compósito foram utilizados 08 (oito) corpos de prova conforme a norma ASTM D 3039M. Os valores mecânicos obtidos no ensaio mecânico em questão revelaram-se superiores em comparação aos obtidos em compósitos reforçados por fibras curtas, o que pode ser justificado pelo melhor alinhamento das fibras na direção do carregamento com esse tipo de compósito, o que facilitou a transferência de carga matriz/fibra.

Tabela 4: Desempenho mecânico de compósitos com fibras contínuas e alinhadas.

	Força (kN)	Desloca. (mm)	Tensão Max (MPa)	Módulo de Elasticidade	Deformação (mm/mm)
Média	2,54	3,74	54,66	1,97	0,022
Desv. Pad.	0,31	0,30	5,82	0,19	0,003

A Figura 8 mostra o gráfico Tensão (MPa) versus Deformação (mm) de compósito com fibras contínuas e alinhadas.

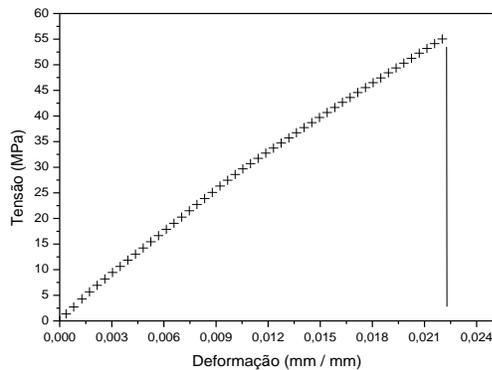


Figura 8: Material compósito de poliéster reforçado por fibras de munguba contínua e alinhada.

Desempenho mecânico dos compósitos de poliéster reforçados por fibras de munguba de 5 mm, 10 mm e 15 mm e os com fibras contínuas e alinhadas: A Figura 9 mostra o gráfico Tensão (MPa) versus Deformação (mm) de materiais compósitos de matriz poliéster reforçado por fibras de 5mm, 10 mm e 15mm de comprimento e os com fibras contínuas e alinhadas, em que se contata um melhor desempenho mecânico no ensaio de tração nos compósitos com fibras contínuas e alinhadas, sendo tal resultado influenciado pelo melhor alinhamento das fibras nesse tipo de compósito. Alinhamento de fibras em direção de carregamento tende a exercer influência nas propriedades mecânicas do material compósito.

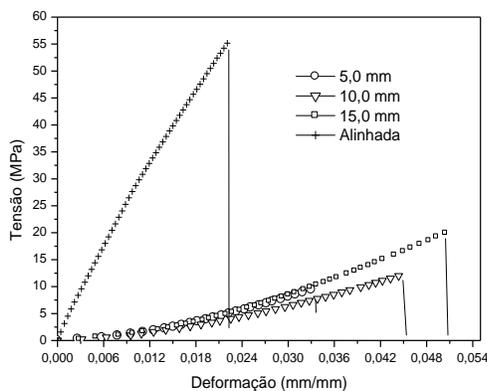


Figura 9: Material compósito de poliéster reforçado por fibras de munguba de 5 mm, 10 mm e 15 mm de comprimento e com fibras contínuas e alinhadas.

Conforme a determinação do comprimento (mm), massa específica (%) e aspectos superficiais das fibras nas propriedades do compósito com resina poliéster *tereftalico*, reforçado por fibras curtas de mungubas disposta aleatoriamente e contínuas e alinhadas, os resultados indicaram que: O aumento nas propriedades mecânicas dos compósitos no ensaio de resistência a tração foram respectivos aos comprimentos das fibras e, a medida que estas se mantinham melhor alinhadas, uniformes e passavam a ocupar uma área de contato maior na matriz conforme MEV. Promovendo melhor transferência de carga da matriz para as fibras.

Vale ressaltar, no entanto que os aspectos mecânicos de materiais compósitos são influenciados por fatores que vão além dos fatores que se aplicam a pesquisa em questão. Tais tendências também foram acompanhadas pela Força Máxima (kN). Sendo que as porcentagens mássicas (%) das fibras não se revelaram um fator preponderante nas propriedades mecânicas dos compósitos.

A análise microestrutural interna da fratura do compósito obtida mediante MEV revelaram na superfície da matriz de compósito com fibras de 15 mm, boa adesão entre os constituintes, com baixo índice de arrancamento (*pull out*) e formação de crateras, além de um melhor alinhamento e uniformidade das fibras. Conferindo a este tipo de compósito, melhor desempenho mecânico, quando comparado aos com fibras de 5 e 10 mm.

Na Tabela 5 torna-se perceptível a superação e, em outros casos, uma aproximação dos valores obtidos no ensaio mecânico de tração de compósito reforçado por fibras curtas de munguba dispostas aleatoriamente, em comparação aos obtidos de outros estudos [8, 9, 10, 11, 12].

Tabela 5: resultados comparativos (%) de compósitos usando fibra de Munguba com os de outras fibras.

Matriz	Reforço	Limite de Resistência	Diferença em % em
Poliéster	Munguba	19,91	-
Poliéster biodegradável	Curauá	17,70	-11%
Poliéster de alta densidade	Bambu	17,5	-12%
Poliuretano	Curauá	14,7	-26%
Poliéster	Sisal/Seda	18,94	-5%
Epóxi	Banana	16,39	-17%

IV. CONCLUSÕES

A fabricação de compósito de poliéster com fibra de Munguba ocorreu mediante um processo consideravelmente simples, com um menor nível possível de processamento nas etapas produtivas, em que se obteve um material tecnicamente viável. Tais resultados, quando comparados com os de outros trabalhos, levam a inferir que o compósito em questão, possui propriedade mecânica viável no contexto do uso e

desenvolvimento de materiais compósitos poliméricos. Ao mesmo tempo contribui com as discussões em torno da viabilidade no uso de fibras vegetais amazônicas, para o desenvolvimento de novos compósitos polimérico, em prol da pesquisa científica e da sustentabilidade.

V. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade Federal do Pará (UFPA), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia (ITEGAM), pelo apoio na realização dessa pesquisa.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Faruk, O. et al., 2012. **Biocomposites reinforced with natural fibers**: 2000 – 2010. Progress in Polymer Science. Toronto. n. 37, p.1552–1596.

[2] Kanter, J. E. U., 2010, **Faces Shortages of Key Minerals**. The New York Times, New York, 16 Jun.

[3] Monteiro, S. N. et al, 2012, **(Thermogravimetric Stability Behavior of Less Common Lignocellulosic Fibers**. Journal of Materials Research and Technology. Rio de Janeiro. v.1, n.3, rev. de artig. p.189-199.

[4] Levy Neto, F. L and Pardini, L. C., 2006, **Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda.

[5] Prasad, A. V. Ratna and Rao, K. Mohana., 2011, **Mechanical properties of natural fibre reinforced polyester composites**: Jowar, sisal and bamboo. Materials and Design. 32, p. 4658 – 4663.

[6] Menicucci, T. A., 2007, **Filogeografia e estrutura genética de populações da mungubeira (*pseudobombax munguba* (mart.&zucc.) dugand,malvaceae - bombacoideae) na Amazônia brasileira**. 2007. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM.

[7] Gribel, R. and Abbott, R. J., 1995. **Genetics of cytosolic phosphoglucose isomerase (PGI) variation in the Amazonian tree *Pseudobombax munguba* (Bombacaceae)**. The Genetical Society of Great Britain. Manaus. n. 76, p. 531–538.

[8] Harnnecker, F. et al, 2012, **Biodegradable Polyester-Based Blend Reinforced with Curauá Fiber**: Thermal, Mechanical and Biodegradation Behaviour. Journal of Polymers and the Environment. vol. 20, p. 237-244.

[9] Liu, H. et al, 2008, **Compatibilizing and toughening bamboo flour-filled HDPE composites**: Mechanical properties and morphologies. Composites: Part A, n. 39, p. 1891-1900.

[10] Mothé, C. G. and ARAÚJO, C. R., 2004, **Caracterização térmica e mecânica de compósitos de poliuretano com fibras de Curauá. Polímeros**: Ciência e Tecnologia. v. 14, n. 4, p.274-278.

[11] Khanam, P. N. et al, 2007, **Tensile, Flexural and Compressive Properties of Sisal/Silk Hybrid Composites**. Journal of Reinforced Plastics and Composites, v. 26, n. 10.

[12] Venkateshwaran, N. and Elayaperumal, A., 2011, **Modeling and evaluation of tensile properties of randomly oriented banana/epoxy composite**. Journal of Reinforced Plastics and Compósito. n. 30, p. 1957-1967.

[13] Rodrigues, J. S., 2010, **Análise fractográfica de compósitos de matriz poliéster e resíduos da indústria madeireira**. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM, 18 a 21 de Agosto. Campina Grande/PB.



Industrial Multivariate Explorer: A solution with Matlab for time series mining

Luis Vázquez Seisedos¹, Alvaro Aguilera Castillo¹, David Diaz Martinez¹, Rolando Ramis Rosales²,
Jose Manuel Rodriguez Perez³

¹Departamento de Control Automático, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba
(lvazquez, aaguilera, ddiaz}@fie.uo.edu.cu)

²Refinería "Hermanos Díaz", Santiago de Cuba, Cuba (rramiz@refscu.cupet.cu)

³Central Termoeléctrica Habana, Habana, Cuba (josemrod@cthabana.uni.cu)

ABSTRACT

The design and features of a Matlab's application to support applied researches for serial time computing is presented. The input data can be from historical record coming from chemical and thermal processes and also it can be generated by simulation. Up to 8 signals, linearly normalized and distributed can be visualized on an axis Matlab's object. By means of two cursors, the user can choose short windows of recorded signals. On this serial time sections, in this version, statisticians are computed and they facilitate the static modeling. They can be saved into an Excel file. It is an opened software application permitting to include new features. The Windows between 2 cursors command facilities the dynamic modeling. Its applicability is exemplified by times series from industry (from a 250 MW thermal power plant) and generated by simulation.

Keywords: process monitoring, data-driven modeling, quasi-stationary states, chemometric methods, steam generators.

Multi-variable Industrial: Una solución con Matlab para minar series temporales

RESUMEN

Se presenta el diseño y las prestaciones de una aplicación desarrollada en Matlab orientada a dar soporte de cómputo a la exploración y extracción de información a partir de series temporales. La data de entrada podrá ser de un registro histórico de un proceso químico y termo energético y aquellos generados de experimentación simulada. La visualización es de hasta 8 señales linealmente normalizadas y distribuidas a lo alto del objeto axis. El usuario podrá seleccionar ventanas cortas de registro mediante dos cursores. Sobre estas secciones de series temporales, en esta versión, se computan estadígrafos que facilitan el modelado estático. Estos podrán ser salvados en un fichero Excel. Es una aplicación abierta permitiendo la inclusión de nuevas prestaciones. El comando Windows entre dos cursores facilita el modelado dinámico. Su aplicabilidad se ejemplifica con series temporales de la industria (de una central térmica de 250 MW) y generadas por simulación.

Palabras Claves: Monitoreo de procesos, modelado basado en datos, estados cuasi-estacionarios, métodos químico-métricos, generadores de vapor.

1 INTRODUCCIÓN

La evolución de los sistemas de automatización hacia aquellos denominados de Control Distribuido (del inglés; DCS) y el software instalado en los computadores de supervisión [1], así como la facilidad de establecer compactos sistemas registradores de datos (del inglés; *Data logger*) conducen a la generación de grandes volúmenes de datos.

La supervisión de procesos se encarga de observar continuamente las variables del proceso en busca de la detección de anomalías que puedan representar un problema operativo o

de calidad. A esta se le destinan como sub-tareas la detección y diagnóstico de fallos y el análisis de procesos. Dependiendo del horizonte de tiempo con el que se trabaja, la supervisión se puede aplicar a 2 niveles:

A corto plazo: En este nivel las variables del proceso se observan continuamente. La meta es detectar cualquier desviación con respecto al estado normal del proceso y reaccionar lo más rápidamente para asegurar la operación normal de la planta. El término monitorización se utiliza para referirse a este nivel, con énfasis en la detección e identificación de fallos.

A largo plazo: En este nivel se analiza el comportamiento del proceso a largo plazo, a través de los datos históricos. La meta es identificar causas de bajo rendimiento y oportunidades de mejora. Los términos Análisis del proceso o Mejora del Proceso se utilizan para designar este tipo de supervisión [2] y [3].

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

En los procesos industriales controlados, las series temporales asociadas a cada variable medida constituyen las minas de datos históricos a partir de las cuales se podrá caracterizar el rendimiento, detectar los cambios de parámetros y servir de base a diagnosticar sus causas, etc.

Para caracterizar, evaluar, diagnosticar, pronosticar, etc los procesos químicos, por ejemplo para la producción de energía, se requiere disponer de herramientas de cómputo para aplicar las técnicas de la Químico-métrica (del inglés, *Chemometrics*). Bajo esta denominación se considera la ciencia de las mediciones [4] realizadas sobre sistema químico para caracterizar su estado vía la aplicación de métodos matemáticos o estadísticos. Por ende es una ciencia basada en datos. La meta de la mayoría de las técnicas de la Químico-métrica es derivar un modelo empírico, a partir de los datos, le permita al investigador estimar una o más propiedades del sistema a partir desde las mediciones. Los sistemas químicos incluyen la dinámica del proceso

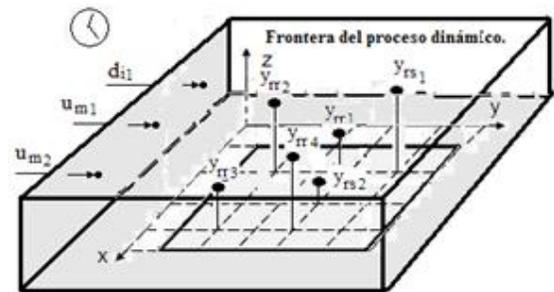
La obtención de conocimientos a partir de bases de datos es un campo de investigación y aplicación interdisciplinario, que se ha hecho relevante en los últimos 12-15 años. Intenta proponer soluciones al problema de cómo extraer información de grandes cantidades de datos. Diversos autores [2], [5], [6], [7], [8] y [9] han adoptado como básica la definición de KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) propuesta por Shapiro: "KDD es el proceso no trivial de identificar a través de los datos patrones novedos, potencialmente útiles y entendibles". Se descompone en varias etapas, según como sigue:

- Definición del objetivo del análisis.
- Selección de datos: Se hace de acuerdo con los objetivos propuestos, muchas veces se asocia a aspectos informáticos relacionados a cómo acceder y almacenar los datos.
- Preprocesamiento de los datos: asegura la calidad de los datos en el sentido de que elimina ruidos aleatorios, *outliers* (datos atípicos o errores gruesos), manejo de datos ausentes o perdidos.
- Transformación de los datos: se refiere a cómo encontrar algún tipo de característica que ayude a mejorar la eficiencia y facilidad de identificación de patrones. Lo típico en esta etapa son los métodos de proyección y reducción de dimensionalidad de los datos.
- Minería de datos (MD): es el paso central del proceso KDD. La meta en esta etapa es identificar patrones bien definidos, válidos, novedosos, potencialmente útiles y significativos, de acuerdo con el objetivo del análisis.
- Interpretación y validación: se enfoca hacia la evaluación e interpretación de los resultados del paso MD.

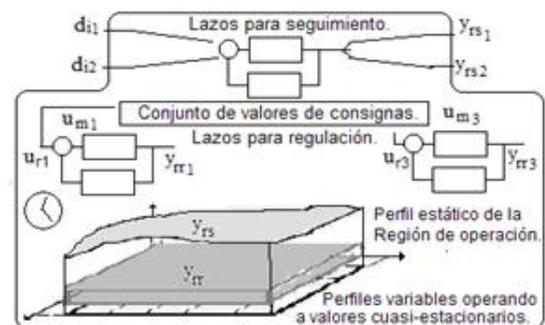
De este modo, para investigaciones aplicadas basadas en datos que resulten, ya sean de experimentaciones de laboratorios o sean de realizaciones industriales, se requiere disponer de una aplicación de software en una plataforma tal que soporte los cálculos computacionales de ingeniería necesitados como lo es el Matlab y que a su vez facilite; (i) la visualización multicanal con escalamiento, (ii) seleccionar tramas con cursores y crear una base de datos secundaria con resultados calculados en las ventanas cortas. El objetivo de este artículo es diseñar e implementar un explorador Multi-variado Industrial (IME) usando la plataforma MATLAB en su versión 7.7.

3. METODOS

El monitoreo de procesos es esencial para mantener una elevada calidad de la producción al igual que su seguridad. Sea, como se ilustra en figura 1, un proceso dinámico controlado, P_D , multi-variable, en general de parámetros distribuidos, con existencia de fenómenos de transporte.



a) Escenario multidimensional capaz de ser generador de disímiles realizaciones dentro de la Región operación permitida a la variable de carga d_{i1}



b) Proceso químico de parámetros distribuidos con soluciones de control por regulación ante consignas fijas y seguimiento de la variable de carga en sus demandas.

Figura 1 – Fronteras para la supervisión y monitorización de variables reguladas y de seguimiento. Entradas: d_i : Señales de carga o perturbación. U_j : Señales de referencia o consigna. Salidas: y_{rs} : Señales de salida de variables en seguimiento. y_{rr} : Señales de salida de variables reguladas u_m : Señales de control.

La figura 1a delimita sus fronteras por el cubo rectangular y el carácter multidimensional de la señales asociadas a cada variable medida. La Figura 1b muestra una representación estática, la cual es sólo con fines ilustrativos de un caso hipotético bi-variado. Sobre una superficie aproximadamente plana paralela a los x-y se ubican a las variables reguladas para distinguir su valor cuasi-constante e independiente a dos posibles entradas de carga se ubican y otra superficie en la que se ubica aquellas variables de seguimiento de la carga o demanda

P_D podrá ser cualquier proceso de tiempo continuo, dinámico, al cual se le regulan variables dentro de determinadas condiciones de tolerancia. A este subconjunto se le denota mediante y_{rr} y al mismo tiempo, existen otras variables que responden a un problema de seguimiento de la carga o demanda y se le denota mediante y_{rs} . Las señales de carga o de demanda se le denota mediante d_i y las acciones correctivas de control se le denota mediante u_m .

El conjunto de variables sometidas a regulación, y_{rr} , acotan sus señales dentro de subconjuntos de valores de rango estrecho y aquellas variables sometidas a seguimiento de la carga, y_{rs} , sus señales están cuantificadas dentro de un subconjunto de valores que rango amplio.

Sea, como se indica en la figura 2, una variable de carga denotada por d_{i1} que puede tomar valores en la región comprendida entre el límite inferior y un valor nominal.

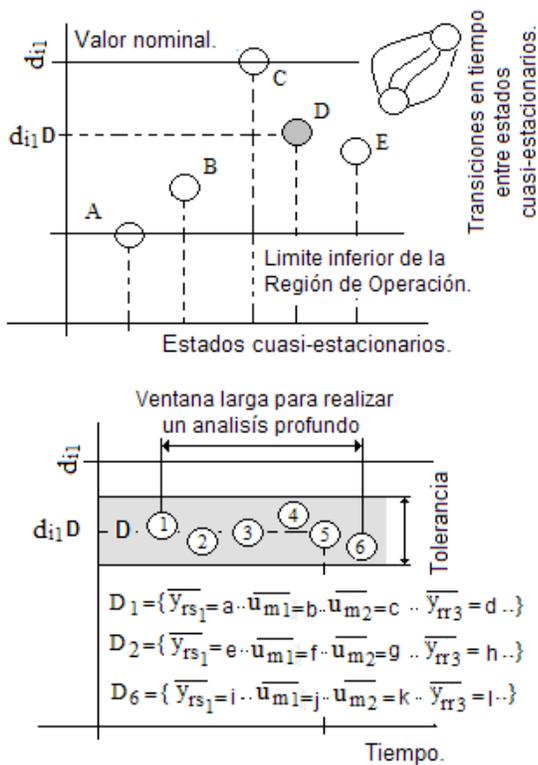


Figura 2 – Estados cuasi-estacionarios: comportamiento multivariable y multidimensional en función de una variable de carga y su variabilidad temporal en días: (a) d_{i1} vs conjunto de estados cuasi-estacionarios {A, B, C, D, E} seleccionados en ventanas cortas; (b) evolución del estado cuasi-estacionario “D” a lo largo de la ventana temporal larga.

En un proceso químico de producción continua se podrá transitar por diferentes estados cuasi-estacionarios, por ejemplo; {A, B, C, D, E}, Figura 2a, cada uno de los cuales definido por el conjunto de valores centrados en un valor medio constante dentro de una tolerancia establecida.

Estos estados fueron estimados en tramas de series temporales a lo ancho de una ventana corta de tiempo, por ejemplo, durante las ventanas cortas; {1, 2, 3, 4, 5, 6}, Figura 2b.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El IME es una aplicación abierta sobre Matlab que ha surgido con fines docentes y para minar datos de procesos termo-energéticos. En su núcleo presenta dos funcionalidades básicas; la visualización y la disponibilidad de selección tramas en ventanas cortas a partir de ventanas largas de series temporales. Es sobre los vectores existentes en la ventana corta que queda abierta la posibilidad de extender las aplicaciones de valor añadido que se requieran ir incorporando.

Con vistas a facilitar el diseño de algoritmos se ha incluido en el IME la posibilidad de enlazar un modelo Simulink (aplicaciones de matlab con extensión de fichero “.mdl”) diseñado por el usuario y que le permita una fase de ensayo y validación previa.

4.1 Prestaciones actuales del IME.

El diseño del IME, como se ilustra en la figura 3, posee actualmente las siguientes prestaciones:

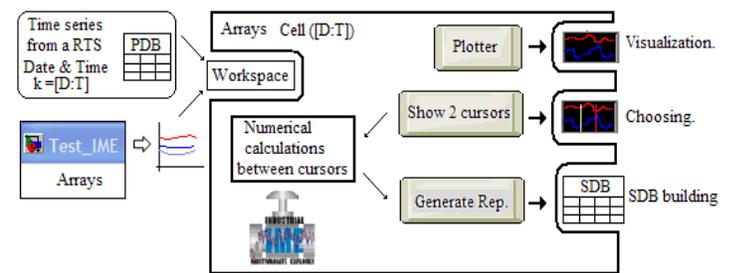


Figura 3 – Prestaciones del Explorador Multi-variado Industrial (IME)

1. Visualizar sobre el mismo osciloscopio (objeto Axis de la programación grafica de Matlab) hasta 8 vectores. Este tipo de dato ha sido previamente cargado sobre su espacio de trabajo (Ventana *Workspace*). Sí el juego de datos dispone de un arreglo de celdas con las fechas y tiempo real absoluto, entonces la manipulación de estas series temporales están acuñadas con su tiempo real.
2. Seleccionar a un subconjunto de elementos de los vectores largos delimitados entre dos cursores (según una ventana corta) que posiciona el usuario sobre el graficado.
3. Construir una Base de Datos Secundaria (SDB) a partir de una Base de Datos Primaria (PDB). En esta versión del IME, la SDB resulta de calcularle los estadígrafos a cada

trama seleccionada entre cursores. De este modo, la meta es estimar el conjunto de valores asociados a cada variable que caracteriza cada estado cuasi-estacionario del sistema dinámico bajo estudio. Los siguientes cinco comandos de la estadística descriptiva son aplicadas: “mean”, “std”, “range”, “min” y “max”.

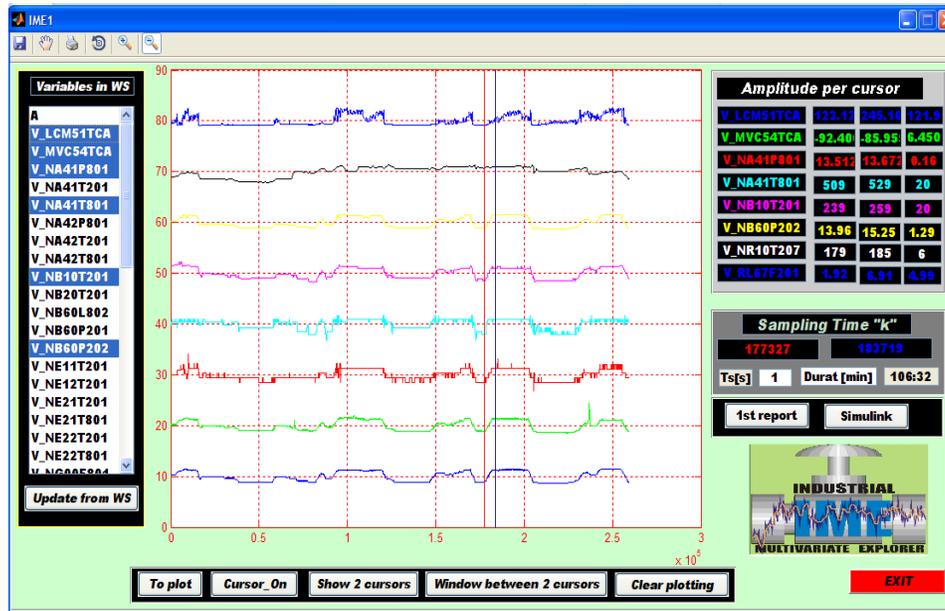
4.2. Interfaz de usuario del IME.

Una vez que se ejecuta el comando “IME”, se podrá pasar a la ventana “IME1”. El diseño ergonómico de su interfaz de usuario permite armonizar todo lo que éste necesita para trabajar en sus dos primeras prestaciones y al mismo tiempo se permite abrir el fichero correspondiente al modelo Simulink (que ha sido previamente diseñado y construido).

4.2.1 Visualización y selección.

El IME podrá tomar las dos siguientes fuentes de datos: (i) un conjunto de vectores unidimensionales (que representan Series Temporales Reales, RTS) con un vector de celdas que contiene la fecha y tiempo (D, T) de cada muestra y (ii) un conjunto de vectores unidimensionales que resultan de la exportación de resultados durante un tiempo de corrida de un modelo Simulink (ejemplificado en la figura 3 mediante “Test_IME.mdl”).

Las figuras 4a y 4b muestran las variables industriales obtenidas a partir de señales reales y sintéticas, respectivamente. Estas últimas fueron generadas usando el modelo Simulink de la figura 5, el cual es abierto y su tiempo de simulación fue configurado mediante la interfaz mostrada en la figura 6.



(a)

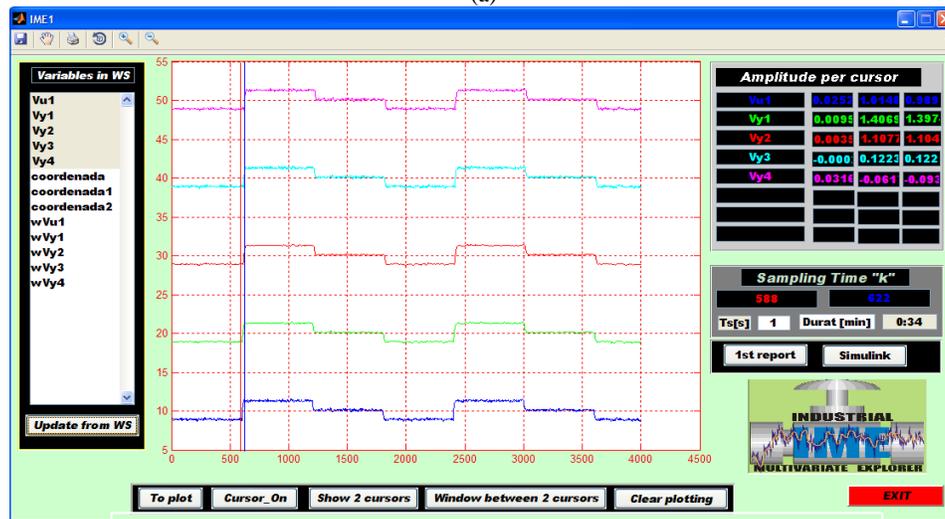


Figura 4. Prestaciones del Explorador Multivariado Industrial (IME)

(b)

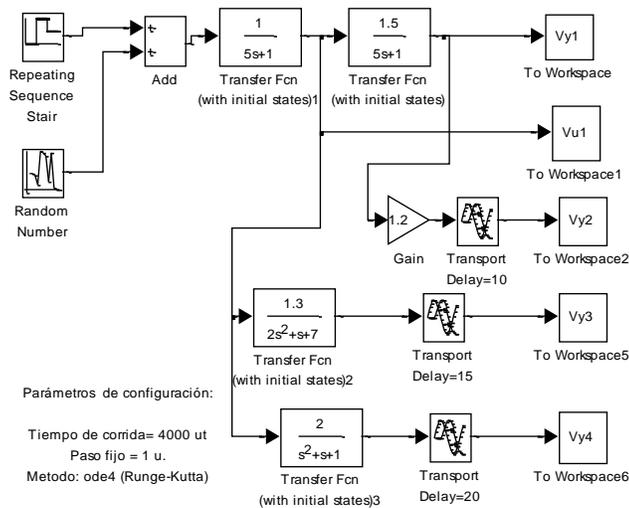


Figura 5. Modelo Simulink para generar señales sintéticas.

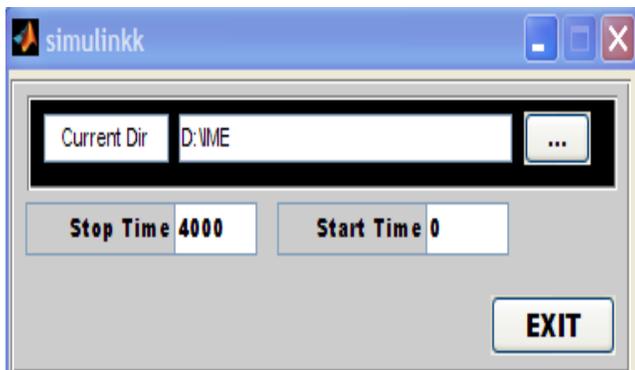


Figura 6. Interfaz de conectividad con el modelo Simulink.

De las señales exportadas del registro histórico y actualmente existente en el espacio de trabajo del Matlab se pueden visualizar a la vez hasta 8 de ellas. En la figura 4 se han seleccionado las siguientes: LCM51TCA, MW, Potencia activa en demanda, MVC54TCA, kPa, Presión de vacío en el condensador, NA41P801, MPa, Presión del vapor a la salida del sobrecalentador # 4 (lado izquierdo), NA41T801 °C Temperatura del vapor salida del sobrecalentador # 4 (lado izquierdo), NB10T201, °C, Temperatura a la salida del Economizador (lado izquierdo), NB60P202, MPa, Presión del domo, NR10T207, °C, Temperatura gases a la salida de los Calentadores de Aire Regenerativo, CAR, (lado izquierdo) y RL67F201, Ton/h, es el Flujo de agua de atemperamiento # 2 (lado izquierdo). Al momento de realizar el graficado la primera en registrarse, V_LCM51TCA es la que se observa de color azul más abajo. Los valores de amplitud de cada señal se corresponden con el intercepto del cursor de color rojo y aparecen en la segunda columna del cuadro “Amplitude per Cursor”. De modo análogo aparecen en la tercera columna los

correspondientes al cursor en azul y en la cuarta columna se muestra la diferencia entre cada uno de ellos respectivamente. Asimismo se muestra el tiempo de muestreo de cada uno de ellos y se brinda una diferencia en tiempo (de formato en minutos: segundos) ya que se toma como base de cálculo que la unidad de muestreo es el segundo. Para la visualización están los comandos “plot” que grafica las señales de las variables seleccionadas y “clear plotting” que las borra del objeto axis. Para seleccionar se dispone de “cursor on” para situar el primer cursor y segundo cursor en secuencia y “show 2 cursors” para fijar las coordenadas de cada uno de ellos y determinar los valores de amplitud y tiempo de cada una de las variables existentes en el espacio de trabajo. De ellas sólo se muestran las que fueron seleccionadas.

El comando “Window between 2 cursors” crea nuevos vectores a las variables seleccionadas y le antepone la etiqueta “w”. Los botones “1st report” y “Simulink” permiten pasar a la ventana de cálculo de estadígrafos y dar paso a la apertura de la aplicación Simulink respectivamente.

4.2.2 Cálculo entre cursores y creación de base de dato secundaria.

El comando “1st report” conduce al usuario a la interfaz de: (i) cálculo (sobre los vectores dentro de la ventana corta) y (ii) la funcionalidad de crear de base de dato secundaria con cada estadígrafo por hojas de Excel. Ya que respecto al tiempo, las series pueden venir con y sin arreglo de celdas (que contienen la fecha y tiempo real), es por lo que se disponen de dos plantillas para salvar los nuevos datos calculados. Las figuras 7 y 8 muestran la operatividad sobre la data industrial y sobre la data generada por simulación respectivamente.

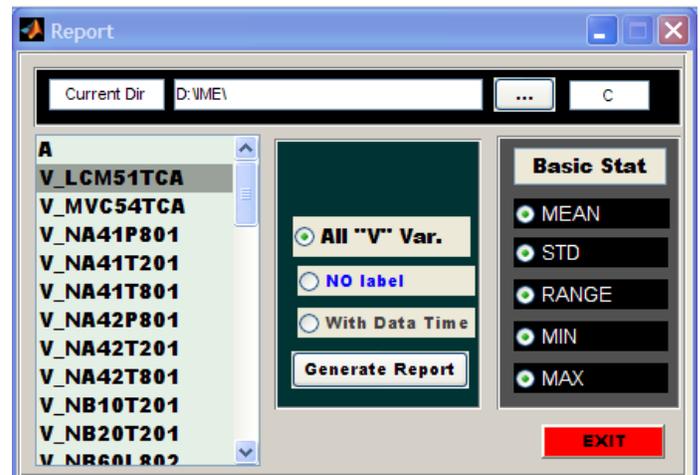


Figura 7. Interfaz para enlace de fichero Excel y selección de estadígrafos.



Figura 8. Interfaz para enlace de fichero Excel y selección de estadígrafos.

De modo análogo, las figuras 9 y 10 muestran las plantillas de salva para la industrial en la que se dispone de la fecha y el tiempo real absoluto y aquella para tiempo real relativo.

	A	B	C
1		Industrial Multivariate Explorer	
2			
3		Mean Value Report	
4			
5		Initial Date	06 Feb 2010 03:35:21:000
6		End Date	06 Feb 2010 05:10:13:000
7		Duration[<i>min</i>]	94.86666667
8		Time Coordinate of cursor 1	48922
9		Time Coordinate of cursor 2	54614
10		V_LCM51TCA	126.9989364
11		V_MVC54TCA	-92.02215394
12		V_NA41P801	13.45660566
13		V_NA41T201	465
14		V_NA41T801	517

Figura 9. Plantilla para salva de cálculo de estadígrafos. Formato de fecha y tiempo.

	A	B	C	D
1		Industrial Multivariate Explorer		
2				
3		Maximum Value Report		
4				
5				
6				
7		Duration[<i>min</i>]	1.566666667	
8		Time Coordinate of cursor 1	746	
9		Time Coordinate of cursor 2	840	
10		Vu1	1.080294326	
11		Vy1	1.536751069	
12		Vy2	1.844101282	
13		Vy3	0.202029414	
14		Vy4	2.048327852	

Figura 10. Plantilla para salva de cálculo de estadígrafos. Formato de fecha y tiempo.

4.3 Perspectiva del uso del IME.

El IME es una aplicación abierta que, en primer término facilita la visualización multicanal. De la figura 3 se infiere que existe un elemento clave como lo es la delimitación de la ventana corta, bajo alguna condicional preestablecida. Esta ponencia muestra como solución la pericia del usuario experto en localizar que las variaciones de las señales que representan a las variables sean mínimas de modo tal que el proceso no exhiba tendencia y por ende se encuentre en un estado cuasi-estacionario. Las perspectivas del IME están enmarcadas en sus facilidades actuales y en los objetivos que se planteen dentro de los conceptos de ventanas corta y larga de procesos industriales sometidos a cambios paramétricos dentro de las variadas cajas de herramientas del paquete Matlab.

Las señales correspondientes a las variables supervisadas de los procesos químicos portan ruidos y perturbaciones que están fuertemente auto-correlacionadas y son, en la mayoría de las plantas, de naturaleza no lineal. Las técnicas de monitoreo de procesos que han sido ampliamente empleadas tales como: el Análisis de Componentes Principales (PCA) y las Mínimos Cuadrados Parciales (PLS) [10], [11] caen en modelos estáticos, las cuales asumen que las observaciones son independientes del tiempo y siguen una distribución Gaussiana. Las extensiones al PCA y al PLS, también denominados DPCA y DPLS han estado desarrolladas a direccionar este problema. El Análisis Canónico Variado (CVA), [12], como herramienta de monitoreo basado en el espacio de estado es más apropiado que estos últimos referidos métodos de monitoreo dinámico.

Sin embargo, para aquellos procesos termoenergéticos que se suceden en las centrales termoeléctricas, y que, por ejemplo, como el generador de vapor opera bajo un régimen de transferencia de calor de modo distribuido, y que regularmente opera en régimen cuasi-estacionario, la supervisión a largo plazo, dígame en ventanas de tiempo largas, con asistencia del IME permitirá investigar sobre la distribución de estos estados con el transcurso de los días. Mediante la determinación de modelos regresivos se podrá examinar los cambios paramétricos e implementar métodos para la inferencia de sus causas.

5. CONCLUSIONES.

Mediante esta aplicación se facilita notablemente la exploración y extracción de información de procesos químicos y termo-energéticos a partir de las señales asociadas a sus variables. Una vez visualizado un registro largo, la detección de tramas, correspondientes a estados de operación cuasi-estacionarios, en ventanas de tiempo cortas permitirá caracterizarlos. A su vez, este fichero Excel constituye una base de dato secundaria, portadora de largos periodos de trabajo y sometidos a diferentes regímenes que propiciarán el diagnóstico de la operación y la aplicación de técnicas de planificación de mantenimientos preventivos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Creus A. (1999). **Instrumentación Industrial**. Editora Alfaomega-S.A, Colombia.
2. Wang, X. Z. (2001). **Knowledge Discovery through Mining Process Operational Data.**, In Application of Neural Networks and other Learning Technologies, in Process Engineering (Mujtaba, I. M. y M. A. Hussain eds.). Imperial College Press, London. pp. 287-327.
3. Macgregor, J. F. (2004) **Data-Based Latent Variable Methods for Process Analysis, Monitoring and Control.**, in European Symposium on Computer Aided Process Engineering - 14 (Barbosa Póvoa, A. y Matos, H. eds.). Elsevier, Lisbon, Portugal.
4. Barry M. Wise and Neal B. Gallagher. **The process chemometrics approach monitoring and fault detection.** J Proc. Cont Vol. 6, No. 6, pp. 329 348, 1996
5. Cios, K. J., W. Pedrycz y R. W. Swiniarski. **Data mining methods for knowledge discovery.** Kluwer Academic., Boston, MA.(1998).
6. Han, J. y M. Kamber. **Data mining: concepts and techniques.** Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, USA.(2001).
7. Hand, D., H. Mannila y P. Smyth. **Principles of Data Mining.** The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.(2001).
8. Apte, C., B. Liu, E. P. D. Pednault y P. Smyth. Business Applications of Data Mining. Communications of the ACM, 45(8), pp.49-53. (2002).
9. U.M Fayyad., G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth. **From Data Mining to Knowledge Discovery: An overview**". Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, p.p: 1-34, AAAI/MIT Press 1996.
10. Manabu Kano, Shinji Hasebe, Iori Hashimoto, Hiromu Ohno. **A new multivariate statistical process monitoring method using principal component analysis.** Computers & Chemical Engineering, Volume 25, Issues 7-8, 15 August 2001, Pages 1103-1113, ISSN 0098-1354,
11. John F. MacGregor, **Data-based latent variable methods for process analysis, monitoring and control, In:** A. Barbosa-Povoa and H. Matos, Editor(s), Computer Aided Chemical Engineering, Elsevier, 2004, Volume 18, European Symposium on Computer-Aided Process Engineering-14, 37th European Symposium of the Working Party on Computer-Aided Process Engineering, Pages 87-98, ISSN 1570-7946, ISBN 9780444516947,
12. Odiowei, P.-E.P.; Yi Cao; "Nonlinear Dynamic Process Monitoring Using Canonical Variate Analysis and Kernel

Density Estimations."Industrial Informatics, IEEE Transactions on , vol.6, no.1, pp.36-45, Feb. 2010.



Proposal of *Smart Grids* in communities of Amazonas State

Lívia Guimarães Maciel¹, Israel Francisco Benitez Pina²

¹Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Aluna do Curso de Especialização em Mecatrônica Industrial. Eng^a. Eletricista, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: liviagmaciel@gmail.com

²Universidade do Estado de Amazonas - EST-UEA, Manaus, AM, Brasil, Eng. em Controle Automático. Doutor em Automática e Computação. E-mail: benitez.israel@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this article is to discuss the potential and the importance of using renewable energy for State of Amazonas's communities. Propose the integration of multiple sources of power generation. The hybrid systems can complement hydroelectric and thermoelectric generation in the region, diversifying the electric park. And the smart grid use seeking to increase efficiency and reduce system losses. Propose a smart grid using MaSe methodology for formal design and to study the dynamics of generation planning with extended hierarchical Petri nets GHENeSys, thus increase efficiency and reduce system losses.

Keywords: *Smart Grids*, intelligent automation, renewable energy.

Proposta de *Smart Grids* em comunidades do Estado do Amazonas

RESUMO

Buscou-se identificar as potencialidades e a importância da utilização das energias renováveis para as comunidades do Estado do Amazonas. Propondo a integração das várias fontes de geração de energia, em sistemas híbridos, para que se possa complementar as gerações hidroelétrica e termoelétrica da região, diversificando o parque elétrico e buscando um melhor atendimento das comunidades. E a proposta de *smart grid* usando a metodologia MaSE para o design formal, e para estudar a dinâmica do planejamento da geração se utiliza as redes de Petri hierárquicas estendidas GHENeSys, sendo assim procurando aumentar a eficiência e reduzir as perdas do sistema.

Palavras-chave: *Smart Grids*, automação inteligente, energia renovável.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um perfil hidrotérmico de geração de energia elétrica, sendo que a maior parcela vem da geração hídrica o que gera eletricidade a preços competitivos e com reduzida emissão de gases do efeito estufa. Embora o país ainda tenha potencial hídrico a ser explorado; a expansão da geração hidroelétrica esbarra nas restrições das leis de proteção ambiental impedindo ou retardando a implantação de novas hidroelétricas. Sendo assim, “[...] enquanto para grande parte dos países, a formulação e execução de políticas de fomento a fontes alternativas e renováveis de geração de energia elétrica são relevantes e estratégicas, no Brasil, aparentemente, tal relevância não caberia, pois o país detém grande potencial hídrico a ser explorado e tem nível de emissão de CO₂ bem abaixo da média mundial” [1].

Além da característica hídrica, o país possui um dos maiores e melhores potenciais do mundo para ampliar suas ofertas energéticas alternativas e renováveis de forma conjunta, aspecto que se explorado podem torná-lo referência mundial na produção com fontes de energias renováveis. A utilização destas fontes deve buscar aumentar a oferta de energia, complementando assim a geração hídrica, e reduzindo os custos desta produção, envolvendo deste modo a sustentabilidade e o cuidado com a preservação do meio ambiente.

Essa integração de diferentes fontes de geração de energia para suprir a demanda institui os sistemas híbridos de geração, os quais podem ser uma alternativa de geração distribuída sustentável, e podem ter as mais variadas formas de geração, como por exemplo, solar-diesel, eólica-solar-diesel, biogás, entre outras.

Para que o sistema híbrido de energia seja mais eficiente e com menos desperdício é necessária a automatização do processo, o uso da chamada tecnologia *Smart Grid* que integra cada aspecto do sistema de rede elétrica em um único arranjo, unificado, de modo que haja monitoramento consistente ao longo de cada etapa do processo de geração, transmissão e consumo de energia elétrica, ajudaria a conseguir este objetivo. E também incluiria a possibilidade de monitoramento remoto das condições do sistema.

“Todo o parque geracional de energia na região amazônica tem basicamente como matriz energética a hidroelétrica ou termoeletrica,” [2] além de características bem peculiares da região quanto ao mercado consumidor.

“O mercado de energia elétrica na RA [região amazônica] pode ser subdividido em três tipos com características bem distintas.” [3] Sendo o primeiro o mercado de energia das capitais dos estados – Mercado das Capitais, o segundo são as áreas urbanas dos municípios e pequenas localidades – Mercado Elétrico Concentrado e o terceiro, o Mercado Elétrico Disperso, pequenas vilas dispersas e isoladas, de baixa densidade demográfica e renda.

No cenário amazônico, apesar de ser uma região de grande potencial, as características geográficas, restrições ambientais e técnicas inviabilizam a implantação de redes de distribuição convencionais. “Existem diversos pequenos sistemas de produção híbrida de energia elétrica na Amazônia.” [4] Várias pesquisas já foram realizadas buscando alternativas de geração de energia – principalmente área rural – para a região amazônica [5][6][7][8] entre outros, o que possibilitaria a diversificação do parque elétrico e o atendimento das comunidades isoladas da Amazônia.

Visando estratégias para os resíduos urbanos um estudo realizado em 2012 pelo Centro Estadual de Mudanças Climáticas (Ceclima/SDS), com base em quatro municípios do Estado, considerados maiores do ponto de vista de geração resíduos sólidos: Parintins, Manacapuru, Itacoatiara e Maués. Identificou a possibilidade de aproveitar o mercado de energia elétrica de lixo, uma vez que, segundo dados desse estudo a média brasileira de resíduos de material orgânico depositados em aterros e lixões chega a 51%, e essa média no Amazonas é de quase 65%. Entretanto, as exigências ambientais para instalação de tais usinas também são grandes.

A chegada do Linhão de Tucuruí interligou Manaus e os municípios de Uruará, São Sebastião do Uatumã, Itapiranga, Silves, Itacoatiara e Rio Preto da Eva ao SIN (Sistema Interligado Nacional) e há planejamento para a interligação dos municípios de Parintins, Barreirinha, Boa Vista dos Ramos, Maués, Urucurituba e Nova Olinda do Norte. Essa interligação pretende suprir a necessidade de energia do Estado, reduzindo a geração termoeletrica e aumentando a confiabilidade do sistema. Ainda assim, mesmo com esta interligação é necessário incluir novas fontes de geração, para um aproveitamento melhor das outras fontes renováveis e para garantir suprimento em condições críticas.

Em Parintins há um programa que faz parte da implantação do Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente. “[...] A AmE [Amazonas Distribuidora de Energia S/A] vem

desenvolvendo o Projeto de *Smart Grid* na cidade[...]. No âmbito deste projeto estão sendo avaliadas tecnologias para automação de religadores, monitoramento remoto de transformadores de distribuição, instalação de medidores inteligentes nas unidades consumidoras, além da implantação da geração distribuída” [10]. Neste trabalho, buscou-se identificar as potencialidades e a importância da utilização das energias renováveis para as comunidades do Estado do Amazonas. Propondo a integração das várias fontes de geração de energia, em sistemas híbridos, para que se possa complementar as gerações hidroelétrica e termoeletrica da região, diversificando o parque elétrico e buscando um melhor atendimento das comunidades. Na seção dois se apresentam as tecnologias alternativas de geração de energia para ser utilizadas em geração híbrida. Na seção três a adequação do modelo *smart grid* para a região do Amazonas. Na seção quatro se apresentam propostas para algumas comunidades no Amazonas.

2. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS QUE PODEM SER UTILIZADAS EM GERAÇÃO HÍBRIDA NO ESTADO DO AMAZONAS

Para complementar a geração térmica (óleo diesel e gás natural) as tecnologias alternativas que podem ser usadas dependem do potencial local, sua viabilidade econômica e seu mercado consumidor. A cerca deste ponto a produção acadêmica é restrita, existem poucas pesquisas que identificam as tecnologias a serem exploradas na região, além da geração fotovoltaica. A maior parte da informação é referente aos sistemas das comunidades isoladas do Amazonas, excluindo assim os municípios e a capital.

Para Figueiredo “as opções energéticas para os municípios e comunidades isoladas, analisadas por diversos autores, têm mostrado onerosas e inviáveis economicamente, por várias razões [...]” [11]. A renda da população, o custo de geração, a disponibilidade de matéria-prima entre outras fazem parte destas razões.

A tabela 1, presente no estudo de [11], mostra as vantagens e desvantagens das diferentes fontes energéticas disponíveis para o uso na Amazônia, em termos qualitativos. É importante observar que o estudo não leva em consideração questões técnicas como quantidade a ser utilizado ao dia, fornecimento de matéria para produção de energia, o custo de implantação do sistema e questões ambientais, no que se refere às questões de reserva ecológica, e culturais.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens das fontes energéticas disponíveis na Amazônia.

Fonte energética	Distribuição Territorial	Relação com o meio ambiente	Resultado Econômico
Biomassa*	Muito grande	Excelente	Favorável
Biogás	Muito grande	Excelente	Favorável
Solar	Muito grande	Excelente	Favorável
Hidráulico	Média	Médio	Variável
Madeira	Muito grande	Prejudicial	Variável
Gás Natural	Pequena	Prejudicial	Prejudicial

Óleo	Média	Prejudicial	Prejudicial
------	-------	-------------	-------------

* Exceto Madeira

Fonte: [11].

A concessionária de energia, por meio do Projeto Ribeirinhas [12], fomentou pesquisas no eixo de energia renovável, buscando identificar as tecnologias e os tipos de geração renovável que poderiam ser utilizadas para o fornecimento de energia em comunidades isoladas. Os sistemas a seguir foram pesquisados, conforme a tecnologia disponível na época.

Sistemas Hidrocinéticos

Sistemas que utilizam rodas d'água ou turbinas para a produção de energia elétrica, impulsionadas pela velocidade do rio. No entanto, os estudos realizados pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) mostraram que a utilização de tecnologia hidrocinética era praticamente inviável no estado do Amazonas, pois precisa que exista um trecho, de margem, com velocidade adequada e que esteja próximo a uma comunidade isolada.

Microcentral Hidrelétrica (MCH)

Uma MCH é composta por dispositivos que captam e conduzem água do rio para uma casa de máquinas, onde ocorre a transformação de energia hidráulica em elétrica através da utilização de um conjunto turbina-gerador. A água utilizada é restituída ao rio ao final do processo. A existência de uma comunidade isolada junto a uma queda d'água de pelo menos 2 metros de altura, diminui a possibilidade de utilização desta tecnologia.

Biomassa (Óleos Vegetais)

Óleos vegetais "in natura" devidamente filtrado e limpo podem ser utilizados no motor em substituição ao diesel em grupos geradores. O problema é a atividade de coleta de oleaginosas e extração de óleo em grande escala, a atividade de extração nas comunidades é secundária e esporádica, com produção reduzida.

Biomassa Sólida (Madeira e Resíduos Agrícolas)

A geração elétrica com biomassa sólida é obtida usualmente por um dos três seguintes processos: queima direta em caldeira, com produção de vapor e acionamento de máquina alternativa a vapor; queima direta em caldeira, com produção de vapor e acionamento de pequena turbina a vapor; gaseificação e acionamento de motor de combustão interna. A possibilidade de utilizar a tecnologia é restrita a poucas comunidades rurais do estado e seu uso intensivo pode ser prejudicial na floresta.

Sistemas Fotovoltaicos

A tecnologia fotovoltaica produz eletricidade diretamente dos elétrons liberados pela interação da luz do sol

com certos semicondutores. É a tecnologia mais utilizada no atendimento das comunidades isoladas, e possui uma boa eficiência na região amazônica. É um sistema que pode ser implantado em toda a região amazônica. Detalhes das possibilidades geração fotovoltaica na Amazônia pode se encontrar em [13].

Energia do Lixo com Biogás

O biogás é uma possibilidade de geração que alia redução da emissão de gases causadores de efeito estufa e geração de energia em momento de crise elétrica. Para esse sistema funcionar, o lixo é previamente selecionado pelas cooperativas de catadores à procura de recicláveis. Os orgânicos e inorgânicos são então enterrados transformando o aterro sanitário em um grande biorreator e o gás gerado no aterro é tratado e utilizado na geração de energia na usina térmica, um modelo de usina a combustão de gás está implantada no Estado do Rio Grande do Sul.

Energia do Lixo com Combustível Derivado dos Resíduos (CDR)

O processo ocorre em duas etapas, primeiro, o lixo é separado, depois o material não reciclável é dilacerado em um moinho, dando origem ao CDR. Na segunda parte, o CDR é incinerado e os gases aquecidos na produção são sugados para uma caldeira, onde o vapor ativa um turbogerador, gerando a energia elétrica. Os resíduos da queima são neutralizados e os gases resultantes são tratados e liberados na atmosfera. Há uma usina instalada na cidade do Rio de Janeiro. Essas tecnologias do lixo são possíveis ser instaladas nos municípios de Parintins, Manacapuru, Itacoatiara e Maués, considerando o volume do lixo e a demanda dessas pequenas cidades.

3 ADEQUAÇÃO DO SISTEMA SMART GRID PARA MICRO SMART GRID (MSG) AMAZÔNICA

Segundo a IEA (Agência Internacional de Energia) no documento *Technology Roadmap of Smart Grids*:

“Uma rede inteligente é uma rede elétrica que usa tecnologias digitais e outras tecnologias avançadas para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade de todas as fontes de geração, para atender às demandas de eletricidade variáveis de consumidores finais.” [14].

Fazendo uma adaptação tecnológica, geográfica e social desta definição para as comunidades da Amazônia se gera uma variação adaptada, gerando uma estrutura muito menor, mas ao mesmo tempo mais complicada para alcançar os mesmos objetivos. A Figura 1 ilustra um exemplo de MSG que possui três geradores renováveis.

A primeira fase é identificar as fontes de energia que mudam segundo as características das diferentes regiões, mas que geralmente não são mais de três, sempre com seu armazenamento (baterias) e sistema *backup* a diesel para

emergência. A segunda fase definir as tecnologias e estudar o design dos sistemas de interligação e controle local e geral. Na terceira etapa implementar e programar controle local e supervisão inteligente. Ao final definir estratégias de manutenção e operação eficiente em essas pequenas cidades e comunidades isoladas. A primeira fase está explicada na seção 4.

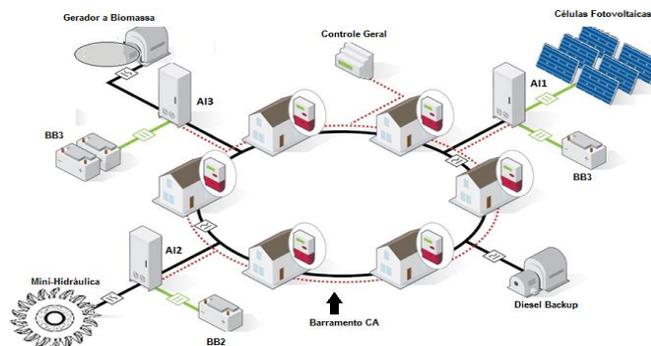


Figura 1: MSG [modificado de Circuitur SA, 15].

Na segunda fase o ICT (*Information and Communication Technology*) dentro dos projetos do EPRI [16] tem excelentes propostas onde estão integradas as áreas de pesquisa: Interoperabilidade, Comunicações, Gerenciamento e análise de Dados, Integração de sistemas e Medição Avançada. As medições avançadas são à base do sistema eficiente de gestão informática de dados com suporte em uma rede de comunicações Interoperável é essencial para o sucesso em sustentabilidade e manutenção dos serviços associados. Os medidores inteligentes têm duas funções: fornecimento de dados sobre o consumo de energia a clientes (usuários finais) para ajudar no controle de custos e consumo; e forma de comunicação entre clientes e concessionárias. As funcionalidades de um *Smart Meter* estão representadas na Figura 2.

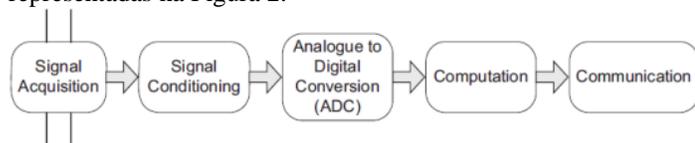


Figura 2: Blocos funcionais de um *Smart Meter* [17].

Os sistemas *Advanced Metering Systems* (AMI) desenvolvidos para a MSG devem ser integrados a arquitetura SCADA com banco de dados relacional, assim, os métodos de compressão e de gestão de dados devem ser adaptados para as condições especiais destes sistemas. No *Smart grid* a ideia principal é utilizar o que há de mais avançado no campo da automação, computação e comunicação, além do uso de fontes de energias alternativas, criando assim uma geração distribuída. Existem trabalhos neste campo que podem ser adaptados as condições particulares da Amazônia. Como exemplo está o trabalho de Barbosa [17] que tem um excelente resumo de tecnologias aplicáveis no Brasil e as experiências do projeto InovCity Aparecida.

Nas comunicações de MSG se destaca o protocolo *ZigBee* [17], baseado na norma IEEE 802.15.4-2003 como base de automação sem fio de diversas aplicações. Assim como outras novas tecnologias, o objetivo é atender aos sistemas com baixo consumo de energia, devido a esta economia, possui baixa taxa de transferência, em torno de 200kbps no máximo. O baixo custo e o fato de operarem sem a necessidade de certificação legal pela Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), por enquadrar-se na faixa de baixa potência (menor que 1W), tornam uma opção atrativa para as concessionárias. Na Figura 3 se apresenta uma proposta de uso desta tecnologia nos usuários.



Figura 3: Aplicação *ZigBee* [17].

No campo da integração da automação, computação e comunicação tem-se destacado o uso de sistemas multiagentes inteligentes (SMA) [18, 19, 20] que permitem a coordenação eficiente das atividades dos diferentes sistemas de controle local e supervisão geral e são uma alternativa viável para zonas isoladas onde o próprio sistema tem que ser autossustentável.

A partir desta visão, se deve passar para o design formal, desenvolvendo o protótipo e os testes de simulação em laboratório dos diferentes tipos de AMI-SCADA e armazenamento de dados utilizando SMA adaptados às condições particulares da Amazônia.

A metodologia MaSE [21] utilizada para o design formal é composto por duas fases básicas: análise e design. A Figura 4 ilustra o diagrama de objetivos gerais do SMA na MSG em desenvolvimento.



Figura 4 - Diagrama dos objetivos do SMA para geração de energia na MSG.

A primeira fase da análise de SMA segundo MaSE tem três etapas: captura dos objetivos, implementação de casos de uso e refinamento das funções. A Figura 4 mostra uma ideia dos principais objetivos. A segunda fase do design do SMA tem quatro etapas: criar os tipos de agentes, construir conversações,

preparar as classes de agentes e desenvolver design. A Figura 5 mostra nos quadros uma proposta de três agentes locais para o controle de cada gerador e um agente supervisor de controle de potência.

O estudo da dinâmica do sistema é essencial para projetos de eficiência contra a intermitências das fontes renováveis de energia, assim para verificar as propriedades e validar a dinâmica se utiliza as redes de Petri hierárquicas estendidas GHENeSys. [22]. Na Figura 5 se apresenta a modelagem da dinâmica simplificada do planejamento da geração do MSG baseada neste método. Cada um dos lugares (círculos) representa macroelementos que são desenvolvidos em sub-redes com detalhes de suas funcionalidades. Isso permite simular todo o sistema e estudar sua possível arquitetura e estratégias de funcionamento.

Como exemplo das funcionalidades da Figura 5, se avaliam as possibilidades de geração em cada fonte de energia renovável e a demanda requerida no agente supervisor (parte superior da Figura 5) se determina a porcentagem requerida para a geração em cada fonte. Esta informação é enviada para cada controle local dos geradores para estabelecer a quantidade necessária para produção.

O excesso de geração é desviado para as unidades de armazenagem de cada subsistema (BB1, BB2 e BB3 na Figura 1). Se houver pouca geração em cada fonte, se utiliza a energia previamente armazenada, mas se chegar ao nível mínimo no banco de baterias ou houver falta de geração renovável, se ativa o gerador de *backup* ou se utiliza a interligação ao SIN se possível.

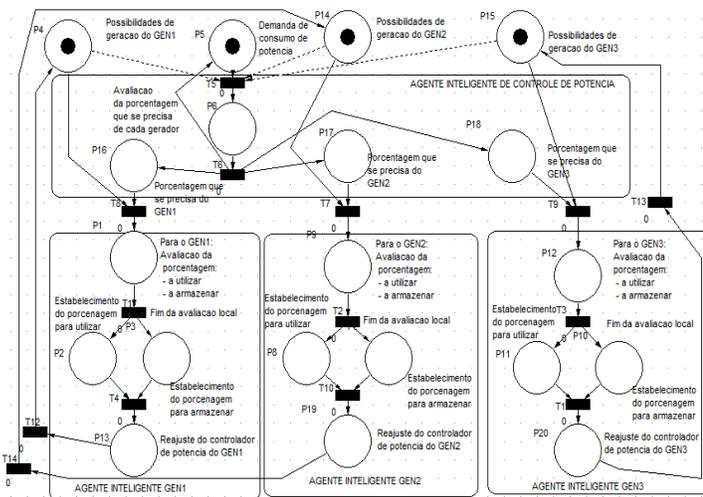


Figura 5: Modelagem da dinâmica do planejamento da geração do MSG.

Para as condições das comunidades isoladas é necessário que se consiga resolver o problema de um *hardware* de computação mínimo, de alta confiabilidade e fácil manutenção. Portanto o desenvolvimento de testes experimentais com tecnologias de baixo custo precisam ser realizados para definir a melhor solução para nossa região, como as propostas de *SmartMeters* com tecnologia *ZigBee* apresentadas neste trabalho.

Logo definida a estratégia de controle, se deve trabalhar em um suporte de *hardware* a microcontroladores de baixo custo, boa confiabilidade e fácil manutenção que permita trabalhar nas condições dessas comunidades segundo os equipamentos de geração, transmissão e distribuição requeridos.

O conteúdo a ser desenvolvido para que o MSG seja real é vasto e existe um grande espaço de pesquisa, onde apenas a cooperação do maior número de pesquisadores pode garantir a velocidade na obtenção dos resultados certos.

4. PROPOSTAS PARA AS COMUNIDADES NO AMAZONAS

Partindo dos três tipos de características do mercado energético na RA explicado na seção 1 deste trabalho, se considera que a capital requer uma atenção especial por seu grande consumo e complexidade de interligação, achando mais eficiente começar pelos outros dois mercados. Segundo os resultados do estudo de caso desenvolvido se propõem duas variantes: MSG para pequenas cidades como Parintins, Manacapuru, Itacoatiara, entre outras. Na segunda variante MSG para as comunidades ribeirinhas e/ou isoladas, como exemplo, Nossa Senhora das Graças e São Paulo Apóstolo, localizadas no município de Manacapuru e Maracarana, localizada no município de São Sebastião do Uatumã. Os detalhes serão apresentados a seguir:

a) Proposta de *Smart Grid* para Parintins

Em Parintins existe a geração termoeétrica e alguns pontos de geração fotovoltaica. Para complementar estas fontes de geração, de acordo com as características dessa região é possível implantar uma usina de geração a partir do biogás do lixo. Para isso é necessário à instalação de coleta e classificação dos resíduos recicláveis e não recicláveis. Aterrando os orgânicos e inorgânicos que permitem produzir o biogás. E instalar uma usina termoeétrica que possa usar este biogás para geração de energia.

Segundo a Figura 1, ficaria a geração de fotovoltaica, a termoeétrica a biogás e como *backup* a termoeétrica a diesel existente.

A rede de Petri ilustrada na Figura 5 mantém a mesma estrutura, porém uma das três fontes de geração passa a ser o *backup* (geração termoeétrica) que neste caso a tomada de decisão do percentual desta fonte seria utilizada em casos de geração renovável insuficiente para suprir a demanda.

b) Proposta de *Smart Grid* para Itacoatiara

Itacoatiara possui geração da concessionária por termoeétrica e do produtor independente pela queima de resíduos de madeira que gera em torno de 50% da energia consumida no município. Neste caso, se implantaria a geração fotovoltaica, e a geração por biogás. De acordo com a Figura 1,

teríamos a geração de fotovoltaica, a termoelétrica a biogás, a termoelétrica a madeira e como *backup* a termoelétrica a diesel existente.

A rede de Petri ilustrada na Figura 5 incluiria um lugar de geração, ampliando a estrutura, com uma das quatro fontes de geração como *backup* (geração termoelétrica diesel).

- c) Proposta de *Micro Smart Grid* para Nossa Senhora das Graças e São Paulo Apóstolo

O sistema que alimenta as comunidades de Nossa Senhora das Graças e comunidade de Apóstolo Paulo possui geração implantada pela concessionária na época do projeto Ribeirinha por gaseificador, que utiliza como combustível resto de madeira de madeiras locais. É possível implantar nessa localidade uma usina de geração fotovoltaica para complementar a geração. Segundo a Figura 1, ficaria a geração de fotovoltaica, o gaseificador e como *backup* um gerador a diesel.

Neste caso a rede de Petri da Figura 5 mantém a mesma estrutura, porém uma das três fontes de geração passa a ser o *backup* a diesel que seria utilizado em casos de geração insuficiente ou manutenção.

- d) Proposta de *Micro Smart Grid* para Maracarana

A comunidade de Maracarana foi selecionada pelo projeto Ribeirinha para receber uma geração por Microcentral Hidrelétrica, esta mini-usina não foi instalada, entretanto, há a possibilidade de geração hídrica e em conjunto com uma geração fotovoltaica que neste caso complementaria a matriz de geração da *micro smart grid* além de incluir um gerador a diesel para o *backup*.

Para este caso a rede de Petri modelada da Figura 5 também seguiria os mesmos passos dos casos anteriores.

De acordo com estes resultados, a estrutura e características da MSG das Figuras 1 e 5 pode ser utilizada para o desenvolvimento dos testes simulados e experimentais que permitam definir a arquitetura e estratégias mais viáveis em cada comunidade. Estes testes estão sendo desenvolvidos inicialmente nos laboratórios da EST-UEA (testes com geradores a fontes renováveis) e no ITEGAM (testes de *Smart Meters* e comunicações *ZigBee*), para definir as melhores tecnologias para essas condições. Na segunda etapa vão se realizar testes simulados de estratégias de controle e supervisão no DesignLab da EP-USP (São Paulo, Brasil) para confirmar a proposta final. Esta será testada de forma experimental com diferentes *hardwares* de baixo custo e alta confiabilidade nos laboratórios do CITCEA da UPC (Barcelona, Espanha). No final o projeto de implementação será apresentado às empresas locais para seu desenvolvimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da inclusão do sistema elétrico do Amazonas ao SIN, que obviamente trás inúmeros benefícios aumentando a

confiabilidade e qualidade do fornecimento de energia para a capital e os municípios do interior do estado. A própria interligação causa problemas, pois a matriz elétrica do país não se modificou ou evoluiu. Portanto, se conclui que é necessário adicionar as fontes renováveis segundo as características de cada região como explicado neste trabalho.

A MSG com SMA proposta na modelagem UML-PN permite estudar a adaptação das diferentes condições de iluminação solar, água, biogás, biomassa e outras fontes renováveis de comunidades da Amazônia. Como se exemplificou neste trabalho para pequenas cidades e comunidades isoladas. Sem os sistemas multiagentes não seria possível obter os níveis de sustentabilidade da geração elétrica para manter eficientes serviços econômicos e sociais suportados pela eficiência no suprimento elétrico dessas MSG.

As propostas para pequenas cidades e comunidades do estado do Amazonas permitiria iniciar a transformação da região numa zona com maior aproveitamento das fontes renováveis de energia no Brasil o que permitiria criar condições nessas comunidades para aprimorar o desenvolvimento sustentável e as habilidades das gerações mais jovens para implementar, operar e aproveitar essas MSG e os serviços que eles suportam.

6. AGRADECIMENTOS

Ao apoio da coordenação de Controle e Automação da EST-UEA, ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) e ao apoio do Design Lab da EP-USP (São Paulo) em projetos CAPES-MES e ao Centro de Pesquisa CITCEA da UPC (Barcelona, Espanha) em projetos CCD e Rede EFESOS.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SILVA, Andréa Souza Batista da; GUIMARÃES, Cláudio Marcelo Matos; LORDÊLO, Fernanda Silva; PORTO, Cristiane de Magalhães. **A Importância da Utilização das Energias Renováveis para a Construção de um Desenvolvimento Econômico Sustentável para o Brasil e para a Bahia**. Diálogos & Ciência – Revista da Faculdade de Tecnologia e Ciências – Rede de Ensino FTC. ISSN 1678-0493. Ano 9. n. 27, set. 2011. www.ftc.br/dialogos.

[2] BARRETO, Eduardo José Fagundes et al. **“Tecnologias de Energias Renováveis Soluções Energéticas para a Amazônia”**. Ministério das Minas e Energia, 1ª Edição, 2008.

[3] SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues. **Energias Alternativas: Desafios e Possibilidades para a Amazônia**. T&C Amazônia; 2003; Editora FUCAPI; 1; 1; ; 74; 80; Português; 1678-3824; Impresso.

[4] GODINHO, Gabriela. **Alguns exemplos de utilização desses sistemas no Pará**. Disponível: www.energiahibrida.com.br.

- [5] SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues; SARAIVA DOS SANTOS, Eyde Cristianne. **Incentivos ao Uso de Biomassa para Geração de Eletricidade na Amazônia.** III Congresso Brasileiro de Regulação dos Serviços Públicos Concedidos, promovido pela ABAR-Associação Brasileira de Agências de Regulação, 25 a 28 de maio de 2003, em Gramado/RS.
- [6] SILVA, Ivete Teixeira da; ALMEIDA, Arthur da Costa; MONTEIRO, José Humberto Araújo; OLIVEIRA DA SILVA, Isa Maria; PEREIRA DA ROCHA, Brígida Ramati. **Uso do caroço de açaí como possibilidade de desenvolvimento sustentável do meio rural, da agricultura familiar e de eletrificação rural no Estado do Pará.** An. 5. Enc. Energ. Meio Rural, 2004.
- [7] CARTAXO, Elizabeth Ferreira. JANNUZZI, Gilberto De Martino. **Fornecimento de Serviço de Energia Elétrica para Comunidades Isoladas da Amazônia: Um Estudo de Caso.** Disponível em: < <http://www.fem.unicamp.br/>>.
- [8] Eletrobrás Amazonas Energia S/A. **Projeto Ribeirinhas.** Disponível em: < www.eletronbras.gov.br>.
- [9] Jornal A Crítica. **Resíduos orgânicos podem gerar energia e renda para municípios.** Set/2012.
- [10] SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues. **Energia Renovável e Eficiência Energética – Primeiro Produto.** ECOGERMA, 2014.
- [11] FIGUEIREDO, Carlos Alberto; CARTAXO, Elizabeth Ferreira; PERES DA SILVA, Ennio. **Indicadores do Mercado de Energia Elétrica no Estado do Amazonas.**
- [12] Eletrobrás S/A - **Projeto Ribeirinhas.** Disponível em: http://www.eletronbras.gov.br/EM_Programas_Ribeirinhas/sistem as.asp.
- [13] Rômulo Pereira Cabral, Marcos Cesar Alves Pinheiro, Jandecy Cabral Leite **Geração Fotovoltaica Aplicada Em Comunidades De Sistemas Isolados Na Amazônia.** ITEGAM-JETIA Journal. Edição 1 - Março de 2015.
- [14] IEA – **International Energy Agency.** Disponível em: <http://www.iea.org/>.
- [15] CIRCUITOR SA - **Energy Efficiency Technology.** Disponível em: <www.circuitor.com> Barcelona, Espanha.
- [16] EPRI - **Electric Power Research Institute.** Disponível em: <http://smartgrid.epri.com/ICTInnovatorsForum.aspx>.
- [17] BARBOSA dos Santos, L. **SMART GRID.** Monografia. Engenharia Elétrica. UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO, 2013, Brasil.
- [18] W. Shen and D. H. Norrie. **Agent based systems for intelligent manufacturing:** a state of the art survey. *International Journal of Knowledge and Information Systems*, 1 (2), 129-156. 1999.
- [19] Brenan, R. **Toward Real-Time Distributed Intelligent Control: A Survey of Research Themes and Applications.** *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics Part C: Applications And Reviews*, VOL. 37, NO. 5, September 2007.
- [20] M. Agrawal, A. Mittal. **Overview of Multi-Agent Approach for Micro-Grid Energy Management.** *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 2014.
- [21] Scott A. De Loach. **The MaSE Methodology.** In: *Methodologies and Software Engineering for Agent Systems. The Agent-Oriented Software Engineering Handbook Series: Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations*, Vol. 11. Bergenti, Federico; Gleizes, Marie-Pierre; Zambonelli, Franco (Eds.) Kluwer Academic Publishing (available via Springer), 2004.
- [22] BENITEZ, I.; SILVA, JR.; VILLAFRUELA, L.; GOMIS, O.; SUDRIA, A. **Modeling extended Petri nets compatible with GHENeSys IEC61131 for industrial automation.** *The Int. Journal of Adv. Manufac. Techn.* Vol.36, N.11-12. Springer London. April 2008.