

Apresentação do volume 6**ANÁLISE ESTRUTURAL DA UTILIZAÇÃO DE TELEFONIA VoIP INTERCAMPUS DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA ESTADUAL.....1**

Neste artigo, os pesquisadores Ecila Alves de Oliveira e Mario Mollo Neto pretendem, por meio das técnicas de análise de redes sociais (ARS), verificar se é possível avaliar a utilização de telefonia VoIP em uma Universidade. A partir do levantamento, dos dados de sua estrutura em rede, os autores objetivam verificar o mapeamento das interações utilizando este recurso entre as suas unidades universitárias.

CATÁLISE SUPRAMOLECULAR18

A química supramolecular envolve o estudo das interações moleculares entre grupos específicos nas moléculas que proporcionam características diferenciadas. Almas Taj Awan, Suryyia Manzoor e Vanderlei Inácio de Paula abordaram a catálise supramolecular por metais de transição através de ligantes fosfinas que realizam o reconhecimento molecular.

FACILITY MANAGEMENT: CONTEXTUALIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO.....34

No presente artigo, do tipo multicascos, os autores Andreas Dittmar Weise, Charles Albino Schultz e Rudimar Antunes da Rocha destacam a relevância do *Facility Management* (FM) nos países desenvolvidos, como uma ferramenta de gestão eficiente para a redução dos custos e melhoria da gestão das organizações, especialmente das que atuam no segmento de serviços e construção civil.

RESÍDUOS LABORATORIAIS – RECICLAGEM DE FRASCOS DE VIDRO VAZIOS DE REAGENTES/SOLVENTES.....50

Priscila Nogueira de Paula e Juliana Rink relatam alternativas mais sustentáveis para do que o descarte ou incineração dos frascos de vidro utilizados como embalagem de produtos químicos, destacando que parcerias entre setor público, privado e terceiro setor, onde resultados positivos podem ser alcançados, tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente e as empresas/indústrias.

CO₂ E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O GRANDE DESENVOLVIMENTO DAS INDÚSTRIAS DE BEBIDAS CARBONATADAS E SUAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS.....61

O presente trabalho escrito por Fábio Aparecido Pagamisse e Fernanda Palladino tem o objetivo de relatar como o CO₂ é injetado em refrigerantes e em qual momento do processo produtivo ocorre a carbonatação do refrigerante e quais as características físico-químicas são apropriadas para a sua incorporação na bebida.

SUMÁRIO

ANÁLISE ESTRUTURAL DA UTILIZAÇÃO DE TELEFONIA VoIP
INTERCAMPUS DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA ESTADUAL.....1

Ecila Alves de Oliveira e Mario Mollo Neto

CATÁLISE SUPRAMOLECULAR 18

Almas Taj Awan, Suryyia Manzoor e Vanderlei Inácio de Paula

FACILITY MANAGEMENT: CONTEXTUALIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO.34

Andreas Dittmar Weise, Charles Albino Schultz e Rudimar Antunes da Rocha

RESÍDUOS LABORATORIAIS – RECICLAGEM DE FRASCOS DE VIDRO
VAZIOS DE REAGENTES/SOLVENTES.....50

Priscila Nogueira de Paula e Juliana Rink

CO₂ E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O GRANDE DESENVOLVIMENTO DAS
INDÚSTRIAS DE BEBIDAS CARBONATADAS E SUAS PRINCIPAIS
APLICAÇÕES NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS.....61

Fábio Aparecido Pagamisse e Fernanda Palladino

ANÁLISE ESTRUTURAL DA UTILIZAÇÃO DE TELEFONIA VoIP INTER-CAMPUS DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA ESTADUAL

Ecila Alves de Oliveira

ecilaoliveira@uol.com.br

Mestrando em Engenharia de Produção Universidade Paulista – UNIP

Analista de Informática na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP),

Mario Mollo Neto

mariomollo@gmail.com

Professor Titular do Programa de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção Universidade Paulista – UNIP

Coordenador do Curso de Engenharia Eletrônica do Centro Universitário Padre Anchieta

Resumo

Nesta pesquisa, pretende-se, por meio das técnicas de análise de redes sociais (ARS) verificar a viabilidade da utilização de telefonia VoIP numa Universidade. A partir do levantamento de dados de sua estrutura em rede, verificar o mapeamento das interações utilizando este recurso entre as suas unidades universitárias. Após a entrada de dados obtidos do levantamento no *software* de controle de telefonia VoIP da rede em estudo, foram processados os dados dos atores com o software UCINET®, e seus relacionamentos, montando-se um arquivo configurado a ser utilizado no módulo NetDraw®, o que permitiu obter as matrizes relacionais e o gráfico da rede, do qual foram obtidos os indicadores estruturais de centralidade de densidade da rede. Os resultados obtidos indicam para uma rede com baixa conectividade entre os atores, demonstrando o quanto a rede é dispersa gerando pouca troca de informações e conclui-se que este recurso pode ser subutilizado. O estudo revela que apesar da infraestrutura da telefonia IP estar disponível, os atores ainda recorrem à utilização da telefonia convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de redes sociais, indicadores estruturais, instituição de ensino estadual, rede intra-organizacional.

ABSTRACT

These research intendeds, through techniques of social network analysis (ARS) to check whether it is possible to evaluate the use of VoIP telephony in a Higher Education Institution (University) and through data collection of its network structure, check mapping the interactions between these features using their university units. After the entry of survey data obtained in the control software of VoIP network under study, the data were processed with the software UCINET®, between the actors and their relationships, setting up a file set to

be used in the module that NetDraw ® afforded the relational matrix and graph of the network, which were obtained structural indicators of centrality and the network density. The results indicate for a network with low connectivity between the actors, showing how the network is dispersed generating little exchange of information and concluded that this feature may be being underutilized. It was further found that despite the IP telephony infrastructure available, actors also involve the use of conventional telephony.

KEY WORDS: *Social network analysis, structural indicators, state educational institution, intra-organizational network.*

1. INTRODUÇÃO

O constante avanço das tecnologias vem possibilitando às empresas conseguir economias diversas em seus custos, oferecendo a possibilidade de terem disponíveis tecnologias de informação e comunicação (TIC) a um preço mais acessível. Nas empresas atuais, a comunicação tradicional vem sendo substituída por tecnologias mais avançadas, sendo um dos maiores exemplos desta mudança o uso da tecnologia VoIP, que substitui gradualmente o sistema de telefonia tradicional (*Public Switched Telephone Network* - PSTN ou fixa), possibilitando vários ganhos e economias para as empresas. IP é um acrônimo de *Internet Protocol* (Protocolo de Internet), que é um padrão utilizado na comunicação entre dois ou mais computadores e demais dispositivos interligados entre si para a transmissão de dados (CRISTOFOLI *et al.*, 2006).

Segundo os mesmos autores, a aplicação VoIP (*Voice over Internet Protocol* – Voz sobre o Protocolo de Internet) é uma das formas da telefonia IP. Essa aplicação é a mais conhecida, pois consiste em instalar um *software* no computador e utilizar os recursos de áudio nele existentes, tais como placa de áudio, microfone e alto-falantes e, uma outra forma de acesso exige o emprego de aparelho especial, denominado Telefone IP, o qual possui todas as funcionalidades necessárias para processamento de sinais de áudio e conexão à rede. Tais aparelhos são especiais, porque se conectam diretamente à rede de computadores, recebendo voz, dados e imagens, permitindo uma integração completa entre as redes de dados e a de voz. A integração no uso desta tecnologia traz também uma economia inicial de investimento, suporte e manutenção, além da tendência de que o computador e o telefone tornarem-se um só equipamento, pois existem aplicativos que permitem operar um telefone IP a partir da tela do computador sem a necessidade do aparelho telefônico. De acordo com a *Expand Networks* (2007), a convergência, que é a consolidação de diversas redes atuais em uma única rede capaz de suportar e dar controle a todos os serviços de tráfego, é considerada outro benefício

da telefonia IP. À medida que os serviços e as conexões de banda larga tornam-se acessíveis, a convergência de outras aplicações aumenta, exemplo disso são a videoconferência e voz que acontecem simultaneamente. Dessa forma, como destaca (FERNANDES, 2000), a telefonia IP tem sido adotada pelas empresas com o objetivo de reduzir custos com ligações telefônicas intermunicipais em localidades que possui suas filiais, pois faz uso da mesma infraestrutura de sua rede de computadores.

A Universidade pesquisada possui 32 unidades universitárias em 23 cidades no Estado de São Paulo, (Figura 1), a utilização da telefonia IP justifica-se em obter redução de custos nas contas telefônicas com a eliminação das tarifas intermunicipais (FERNANDES, 2000). A criação do PABX IP - *Private Automatic Branch Exchange* - IP (centro de distribuição telefônica que utiliza a rede de dados para comunicação), além dos recursos tradicionais, permite a integração com o sistema de telefonia fixa e a utilização do Telefone IP. Nesse cenário, para que se obtenha a economia nas ligações interurbanas, é importante que os indivíduos que compõem as áreas de cada unidade universitária façam uso dessa tecnologia e realizem uma análise sobre este fluxo de comunicação para conhecer a sua atual utilização.

O provimento de formas alternativas aos sistemas tradicionais de telefonia é um dos objetivos da telefonia em redes IP (BERNAL, 2007). De acordo com o objeto dessa pesquisa, referimo-nos à telefonia fixa PSTN na utilização de ligações intermunicipais, mais do que formas alternativas, onde se devem manter as mesmas funcionalidades e qualidades, mais sim uma possibilidade de melhor aproveitamento dos recursos já existentes.

Segundo Bernal, (2007), os motivadores da implementação de voz sobre pacotes IP são, primeiramente, a possibilidade de integração entre voz, dados e vídeo por um mesmo meio de acesso, seguido de precificação a menor na utilização de serviços com independência de tempo e distância e com a confiabilidade e disponibilidade das redes de voz.

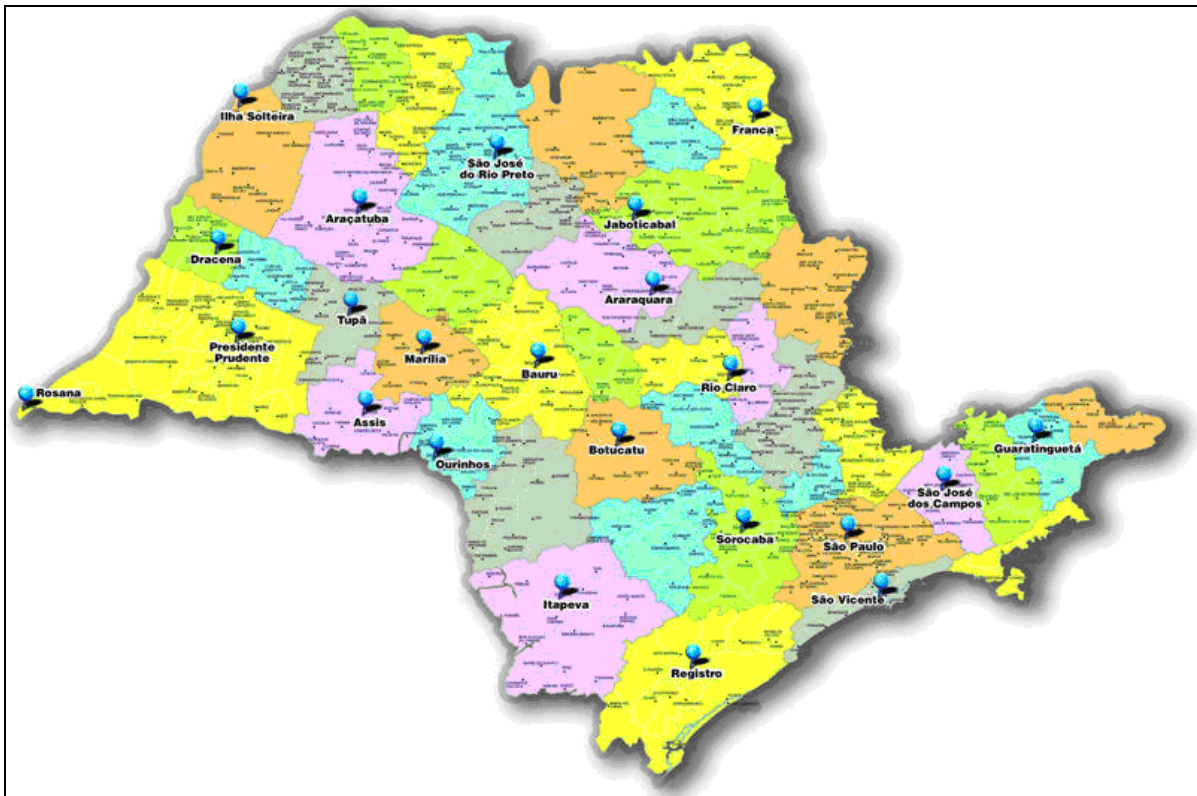


Figura 1. Municípios onde estão instaladas as unidades administrativas da Universidade pesquisada. (Fonte: UNESP(a), 2011).

A telefonia fixa PSTN pode representar mais de 22% do custo de uma empresa. Mesmo com planos empresariais de telefonia celular e franquias para telefones fixos, entretanto, ainda é alto o custo. Se tomarmos, por exemplo, uma empresa que tem unidades em diversas cidades no mesmo Estado, o custo mínimo de cada ligação entre uma unidade e outra é de R\$ 0,3625 (TELEFÔNICA, 2011). A vantagem da comunicação VoIP em relação à telefonia PSTN é pautada sobre dois itens fundamentais: primeiro, utiliza a infraestrutura da rede de computadores já existente; segundo, a tarifação das ligações convencionais é efetuada em função de distâncias geodésicas entre o local que originou a ligação e o de destino e leva em consideração os horários de utilização estabelecidos pelas operadoras de telefonia (ANATEL, 2011).

1.1. REDES DE RELACIONAMENTOS

Em uma rede de relacionamentos, tal qual as de trocas de mensagens e informações entre usuários de linhas telefônicas, que é o caso desta pesquisa. Segundo (LAZZARINI, 2008), é um conjunto de pessoas, identificadas como nós ou atores, ligadas por meio de relações, denominadas também como laços. As redes podem ser tratadas sob duas visões, a primeira

trata das relações entre empresas, denominadas relações interorganizacionais e, a segunda demonstra o relacionamento interno de uma organização, ou seja, entre departamentos ou indivíduos, que são as redes de relacionamentos intraorganizacionais.

Uma rede é constituída de agentes que têm relações entre si, estas relações podem ser estabelecidas direta ou indiretamente e, os agentes podem formar arranjos produtivos locais ou podem estar inseridos em uma mesma organização e serem analisados por meio de suas relações, seja por ligações tangíveis ou intangíveis em sua produção (VILLELA e PINTO, 2009).

Como em uma construção matemática, um gráfico pode ser construído para a análise de redes sociais e o mesmo consiste de dois tipos de elementos: nodos e conexões. Numa linha geral os nodos (ou nós), são utilizados para representar as entidades do problema e, as conexões são utilizadas para a representação dos relacionamentos entre as entidades. Dessas conexões, são abstraídas as matrizes relacionais para a análise quantitativa.

Segundo os autores Wasserman e Faust (1994), existe uma série de conceitos-chave que são essenciais para a discussão da análise de redes sociais, que são:

Rede social — conjunto finito de atores e as relações entre eles;

Relação — coleção de laços de um tipo específico entre membros de um grupo;

Ator — são as entidades (indivíduos, organizações ou países) objetos de estudo na análise de redes sociais;

Laço relacional — definido como a ligação estabelecida entre o par de atores.

Wasserman e Faust (1994) definem, ainda que os métodos relacionados à análise de redes podem ser agrupados em propriedades estruturais, como as medidas de centralidade, densidade, transitividade e coesão; papéis e posições, como a análise de equivalência estrutural, regular e local e a análise de clusters.

A abordagem relacional enfoca as conexões diretas e indiretas entre os atores, buscando entender comportamentos e processos por meio da conectividade entre eles. Para tanto, são utilizados principalmente dois grupos de medidas: “centralidade e prestígio” e “coesão social” (EMIRBAYER e GOODWIN, 1994).

Nessa pesquisa, são utilizados os indicadores estruturais de centralidade e densidade da rede social levantada para o desenvolvimento dos estudos. Com base nisso, observam-se as definições apresentadas pela literatura do tema.

Um ator é localmente central. Se ele apresenta grande número de conexões com outros pontos, será globalmente central caso possua uma posição significativamente estratégica na rede como um todo (SCOTT, 2000).

A centralidade de grau é medida pelo número de laços que um ator possui com outros atores em uma rede (WASSERMAN e FAUST, 1994).

Segundo (VELÁZQUES e AGUILAR, 2005), o grau de centralidade é composto do grau de centralidade de entrada e do grau de centralidade de saída e estes dependem da direção do fluxo da relação. A soma das relações que um ator tem com outros atores representa o grau de centralidade de saída e, a soma que os outros atores têm com um determinado ator é o grau de centralidade de entrada. A figura 2 apresenta esta situação em uma rede fictícia, onde, a indicação destaca os atores 7 e 2 como sendo os de maior centralidade.

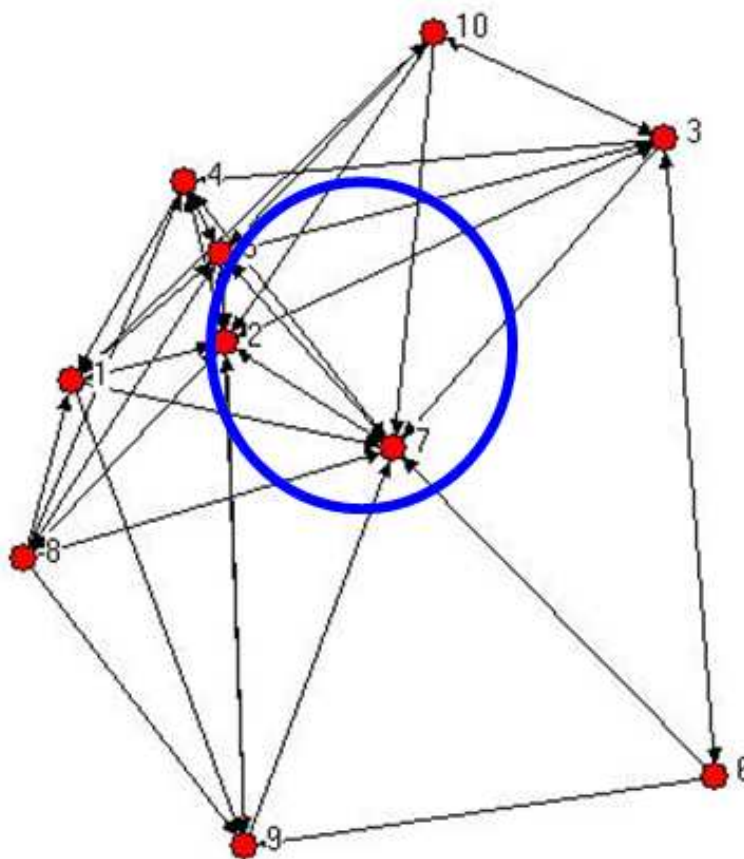


Figura 2. Exemplo de centralidade de atores em uma rede social. (Fonte: VELÁZQUEZ e AGUILAR, 2005).

O dimensionamento das centralidades obedeceu, no *software* a aplicação da equação 1 a seguir:

$$C_G(v_k) = \sum_{j=1}^n w_{kj} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

CG = Grau de centralidade,

V_k = Nó da rede a ser considerado;

j = Número de nós;

W_{kj} = Número de nós adjacentes;

e, $W_{kj} = 1$ se existe link entre nós v_k e v_j .

Segundo (LAZZARINI, 2008, p. 21), “uma rede é densa quando vários atores estão conectados entre si”, ou seja, quanto maior o número de conexões estabelecidas entre os atores, maior a densidade da rede. O valor da medida da densidade é obtido a partir do número de laços observados dividido pelo número máximo de laços que a rede pode ter. Segundo Mollo Neto, (2010), o procedimento para o cálculo do número de laços máximos em uma rede é dado pela aplicação das Equações 2 e 3:

Inicialmente, com base no número de atores componentes da rede, obtém-se pela Equação 2 o número de laços máximos entre atores componentes da rede:

$$[\text{Número de atores} \times (\text{número de atores} - 1)] / 2 \quad \text{Eq. 2}$$

Dessa forma, a densidade pode ser calculada por meio da Equação 3:

$$(\text{Número de laços existentes na rede} / \text{número de laços máximos na rede}). \quad \text{Eq. 3}$$

Uma densidade baixa obtida dos relacionamentos existentes entre os atores da rede, com a aplicação das equações 2 e 3, permite identificar um sistema muito flexível, ou seja, onde pouco poder de influência mútua é exercido entre os atores e, este poder é entendido como sendo. Segundo (HANNEMAN e RIDDLE, 2005), a abordagem de rede enfatiza que o poder é inerente aos relacionamentos entre os atores da estrutura. Os autores destacam ainda que isto é uma consequência dos padrões de relações estruturais do grafo e sua correspondente matriz relacional. A densidade influi no fluxo de informações e recursos, este fluxo nos remete à troca de bens, serviços, recursos e contatos na rede (FAVA e SACOMANO, 2007).

A presente pesquisa tem o intuito de prospectar a estrutura da rede formada pelas diversas unidades da Universidade sob estudo, denominados doravante como atores da rede, considerando em seus laços de interligação (acessos VoIP) como base para a determinação de

indicadores que permitam analisar o uso efetivo do dispositivo de comunicação disponibilizado e propor novas formas de utilização.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Universidade pesquisada utiliza a estrutura da IENET, que é o nome dado à rede de computadores da instituição. Essa rede interliga 39 localidades que estão geograficamente dispersas em 23 cidades e os respectivos *links* convergem na capital – São Paulo (Figura 3).

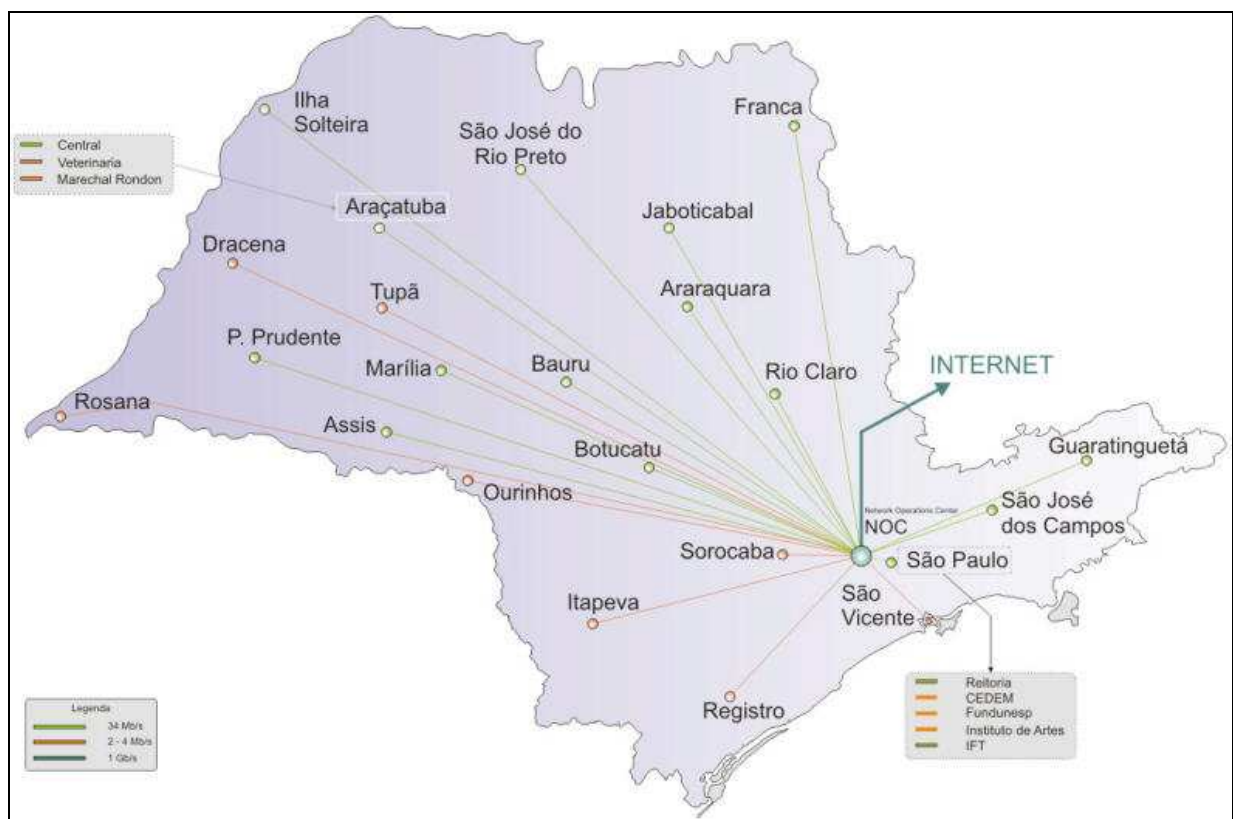


Figura 3. Topologia da IENET. (Fonte: UNESP(b), 2011).

Essa rede abrange todos os computadores existentes na instituição, cerca de 15.000 máquinas, e serve a uma comunidade de 45.000 pessoas, entre alunos, funcionários e professores. O departamento de informática da Universidade gerencia a telefonia VoIP por meio do *software* Asterisk®, desenvolvido pela empresa *Digium Inc.* (DIGIUM, 2011). O referido *software* permite controlar vários equipamentos e conexões de telefonia convencional ou IP, onde o servidor recebe as chamadas vindas, trata-as e redireciona para os telefones IP ou as encaminha para um PABX; tal *software* é de distribuição livre sob licença pública geral



(GPL – *General Public License*) para sistema operacional *Linux* e está disponível para transferência local em <http://www.asterisk.org/downloads>.

Os indicadores estruturais, considerados importantes para o estudo desta rede, foram analisados aplicando-se a análise de redes Sociais (ARS), com o *software* UCINET® e seu módulo auxiliar NetDraw® e, os elencados para a análise foram: a densidade e a centralidade entre os atores (BORGATTI *et al.*, 2002).

A Tabela 1 apresenta, segundo (VELÁZQUEZ e AGUILAR, 2005), os conceitos de densidade, centralidade e da proximidade entre os atores.

Tabela 1: Conceitos dos indicadores utilizados.

| Indicador | Conceito |
|--------------|--|
| Densidade | Mostra o valor em porcentagem da densidade da rede, significando uma alta ou baixa conectividade da mesma. É uma medida entre o número de laços existentes com os laços possíveis. |
| Centralidade | Apresenta o número de atores com os quais este está relacionado. |
| Proximidade | É a capacidade de um ator em se comunicar com os outros nós da rede. |

Fonte: (VELÁZQUEZ e AGUILAR, 2005).

Os indicadores de centralidade de atores foram analisados por meio do *software* UCINET® com base na equação 1 apresentada, juntamente com o módulo integrado NetDraw® (BORGATTI *et al.*, 2002). Já o indicador de densidade é calculado matematicamente segundo as equações 2 e 3 apresentadas anteriormente.

O Asterisk® foi utilizado em conjunto com a ferramenta CDR (*Call Data Records*), também desenvolvida pela *Digium Inc.*

Por meio de um levantamento de campo, foram levantadas as quantidades de ramais IP da instituição em seus diversos campi, por meio de listas fornecidas pelo departamento de informática da Universidade, e, desta relação constatou-se um total de 1.134 ramais.

Posteriormente foi definido o período de pesquisa de doze meses sobre as ligações efetuadas e recebidas que teve como início o mês de Novembro de 2009 até o mês Novembro de 2010.

Foram levadas em consideração, para essa pesquisa, somente as ligações que tiveram tempo de duração acima de 59 segundos. Desse conjunto, foram pesquisados os ramais que efetuaram, não efetuaram, receberam e não receberam ligações. Os que não efetuaram e não receberam foram eliminados da pesquisa.



A pesquisa foi realizada com a prospecção de dados obtidos em listagem de relatório do sistema VoIP, ramal por ramal, de forma cruzada, identificando o ramal que efetuou a ligação bem como para qual ramal foi chamado, assim anotou-se a quantidade de ligações e o tempo de utilização no período.

As especificações dos filtros aplicados utilizando o *CDR Report* do Asterisk® foram: seleção do mês de início, seleção do mês final, digitação do número do ramal que recebeu a chamada, digitação do número do ramal que originou a chamada; Duração da chamada maior do que 59 segundos.

Os ramaís pertencentes à mesma unidade administrativa foram agrupados e seu tempo de ligação foi totalizado.

A estrutura da rede é composta de atores que são os departamentos de informática das unidades administrativas da Universidade que utilizaram VoIP no período de Novembro de 2009 a Novembro de 2010.

As relações entre eles são representadas pelo tempo das ligações medidas em segundos.

Posteriormente à coleta dos dados foi utilizado, para a avaliação dos indicadores estruturais da rede, o *software* de análise de redes sociais UCINET® juntamente com o seu módulo integrado NetDraw®, ambos desenvolvidos nos laboratórios da *Analytic Technologies*, na *University of Greenwich* (BORGATTI *et al.*, 2002). A avaliação dessa rede ocorreu por indicadores de densidade e centralidade, que são estruturais como os descritos por (LAZZARINI, 2008; WASSERMAN e FAUST, 1994) na revisão dessa pesquisa. Os indicadores apontam a forma de estabelecimento dos relacionamentos entre os atores. Também foi utilizado a centralidade de grau, indicador posicional, que avalia o número de laços que um ator tem com outros autores, a centralidade de meio ou de intermediação, que representa o ator que interliga, direta ou indiretamente e atores em locais distintos da rede (LAZZARINI, 2008; VELÁZQUES e AGUILAR, 2005; SCOTT, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a entrada de dados dos relacionamentos obtidos do levantamento no *software* Asterisk®, foram processados os dados dos atores no *software* UCINET®, representados pelos dados obtidos da área de informática das unidades universitárias, e seus relacionamentos, representados pela quantidade de segundos que se comunicaram. A partir disso, foi montado um arquivo configurado a ser utilizado no módulo NetDraw®

(BORGATTI *et al.*, 2002). O gráfico da rede obtido do processamento, (Figura 6), mostra a centralidade da rede e os indicadores posicionais de centralidade de grau e de intermediação dos atores que foram obtidas.

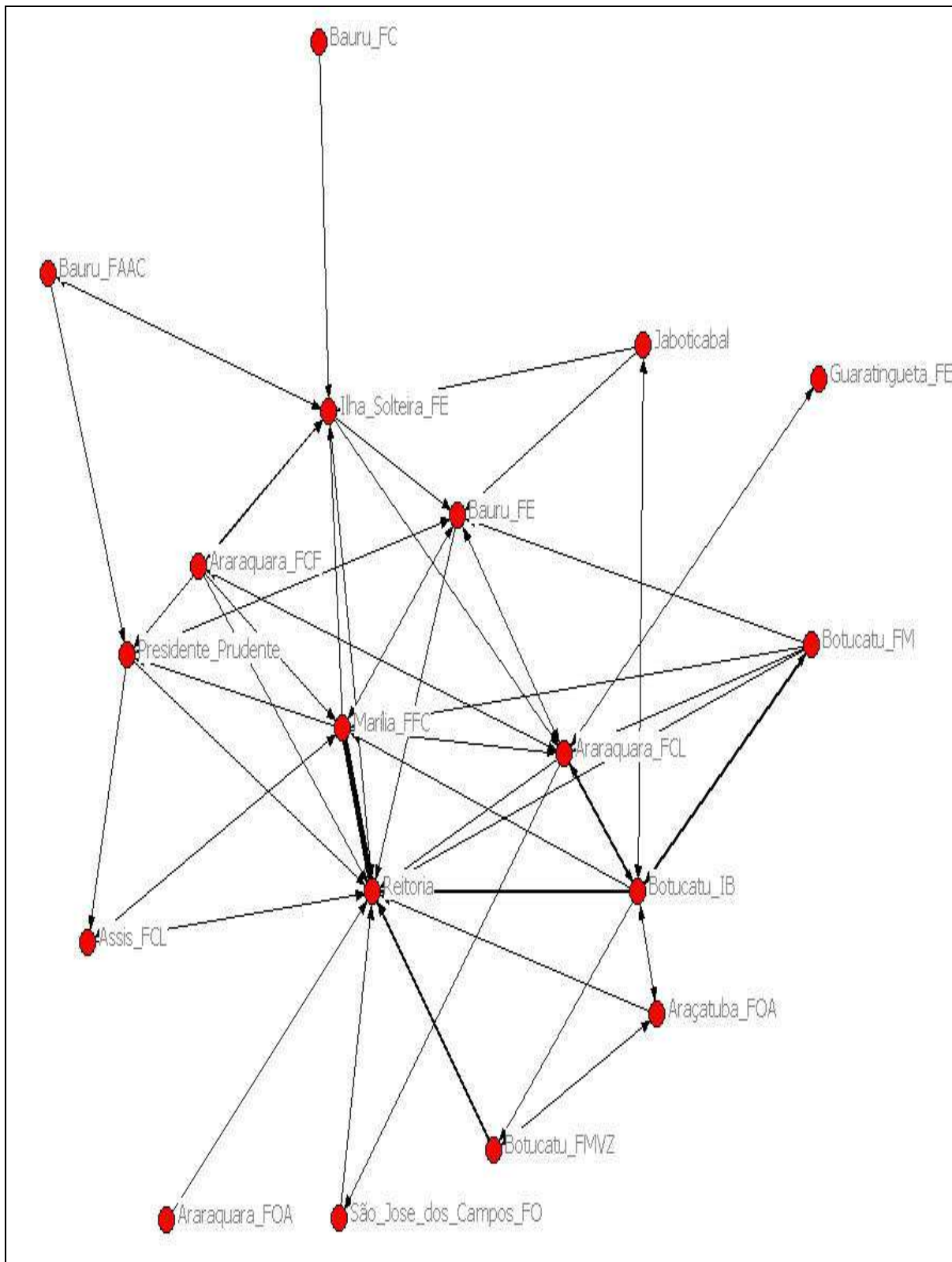


Figura 6. Representação da rede apresentada pelo software Ucinet® e o NetDraw® .

As tabelas 2 e 3 foram construídas a partir dos resultados da pesquisa efetuada com o *software* Asterisk® e permitiram a construção das matrizes relacionais para os cálculos.

Tabela 2. Ligações, em segundos, efetuadas por cada e para cada unidade administrativa.

| | Araçatuba FOA | Araraquara FCF | Araraquara FCL | Araraquara FOA | Assis FCL | Bauru FAAC | Bauru FC | Bauru FE | Botucatu FM |
|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------|----------|-------------|
| Araçatuba FOA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Araraquara FCF | 0 | 157 | 1.002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Araraquara FCL | 0 | 4.061 | 268 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.783 | 0 |
| Araraquara FOA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Assis FCL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bauru FAAC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bauru FC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bauru FE | 0 | 0 | 6.077 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Botucatu FM | 0 | 0 | 126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.069 | 0 |
| Botucatu FMVZ | 3.875 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Botucatu IB | 1.610 | 0 | 8.928 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.869 |
| Guaratingueta FE | 0 | 0 | 469 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ilha Solteira FE | 0 | 0 | 66 | 0 | 0 | 4.612 | 0 | 160 | 0 |
| Jaboticabal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.175 | 0 |
| Marília FFC | 0 | 0 | 1.844 | 0 | 300 | 0 | 0 | 5.947 | 0 |
| Presidente Prudente | 0 | 0 | 0 | 0 | 162 | 0 | 0 | 4.002 | 0 |
| Reitoria | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S. J. dos Campos FO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela 3. Ligações, em segundos, efetuadas por cada e para cada unidade administrativa (Continuação da Tabela 2).

| | Botucatu FMVZ | Botucatu IB | Guaratingueta FE | I.Solteira FE | Jaboticabal | Marília FFC | Presidente Prudente | Reitoria | S.J.Campos FO |
|---------------------|------------------|----------------|---------------------|---------------|-------------|-------------|------------------------|----------|------------------|
| Araçatuba FOA | 1.929 | 127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.227 | 0 |
| Araraquara FCF | 0 | 0 | 0 | 564 | 0 | 104 | 0 | 7.544 | 0 |
| Araraquara FCL | 0 | 7.574 | 1.384 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.858 | 62 |
| Araraquara FOA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.859 | 0 |
| Assis FCL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.812 | 0 | 3.184 | 0 |
| Bauru FAAC | 0 | 0 | 0 | 4.344 | 0 | 0 | 468 | 0 | 0 |
| Bauru FC | 0 | 0 | 0 | 149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bauru FE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 296 | 495 | 2.496 | 0 |
| Botucatu FM | 0 | 11.852 | 0 | 0 | 0 | 749 | 0 | 4.919 | 0 |
| Botucatu FMVZ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.863 | 0 |
| Botucatu IB | 1.183 | 0 | 0 | 0 | 917 | 261 | 0 | 11.631 | 0 |
| Guaratingueta FE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ilha Solteira FE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 315 | 655 | 0 |
| Jaboticabal | 0 | 827 | 0 | 651 | 562 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Marília FFC | 0 | 0 | 0 | 4.210 | 0 | 0 | 2.196 | 68.222 | 0 |
| Presidente Prudente | 0 | 0 | 0 | 460 | 0 | 0 | 0 | 3.491 | 0 |
| Reitoria | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.072 | 0 |
| S. J. dos Campos FO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.897 | 0 |

A densidade da rede foi calculada em 39,87%, com base nas equações 1 e 2, pois há 18 atores, o número de relações é 61 e o total de possíveis relações é de 153. Este percentual

representa uma baixa densidade da rede indicando uma baixa interconexão, pois esta destaca que pouco poder é exercido entre as unidades administrativas.

Nos resultados obtidos pelo UCINET®, (Figura 7), pode-se observar que os atores estão ordenados pelo seu grau de centralidade (maior para menor).

A coluna *OutDegree* representa o grau de saída, a *InDegree* representa o grau de entrada, a *NrOutDeg*, o grau de saída normalizado e, por fim, a *NrInDeg*, o grau de entrada normalizado.

Os resultados mostram que Marília_FFC possui o maior grau de saída, ou seja, é o ator principal que efetuou o maior número de ligações, já o ator Reitoria possui o maior grau de entrada, significando que recebeu o maior número de ligações.

| | OutDegree | InDegree | NrmOutDeg | NrmInDeg |
|------------------------|-----------|------------|-----------|----------|
| Marília_FFC | 82719.000 | 4222.000 | 7.132 | 0.364 |
| Botucatu_IB | 39399.000 | 20380.000 | 3.397 | 1.757 |
| Araraquara_FCL | 24722.000 | 18512.000 | 2.132 | 1.596 |
| Botucatu_FMVZ | 20738.000 | 3112.000 | 1.788 | 0.268 |
| Botucatu_FM | 18715.000 | 14869.000 | 1.614 | 1.282 |
| Araçatuba_FOA | 10283.000 | 5485.000 | 0.887 | 0.473 |
| Bauru_FE | 9364.000 | 18136.000 | 0.807 | 1.564 |
| Araraquara_FCF | 9214.000 | 4061.000 | 0.794 | 0.350 |
| Presidente_Prudente | 8115.000 | 3474.000 | 0.700 | 0.300 |
| São_José_dos_Campos_FO | 7897.000 | 62.000 | 0.681 | 0.005 |
| Assis_FCL | 5996.000 | 462.000 | 0.517 | 0.040 |
| Ilha_Solteira_FE | 5808.000 | 10378.000 | 0.501 | 0.895 |
| Bauru_FAAC | 4812.000 | 4612.000 | 0.415 | 0.398 |
| Jaboticabal | 3653.000 | 917.000 | 0.315 | 0.079 |
| Araraquara_FOA | 1859.000 | 0.000 | 0.160 | 0.000 |
| Guaratingueta_FE | 469.000 | 1384.000 | 0.040 | 0.119 |
| Bauru_FC | 149.000 | 0.000 | 0.013 | 0.000 |
| Reitoria | 0.000 | 143846.000 | 0.000 | 12.403 |

Figura 7. Graus de centralidade obtidos no software UCINET®.

A Figura 8 mostra os indicadores gerais da rede e suas estatísticas descritivas (*Descriptive Statistics*), onde se podem verificar a média (*mean*) de todas as relações; o desvio padrão (*Std Dev*); a soma (*Sum*); mínimo (*Minimum*) e máximo (*Maximum*) que representam os graus mínimos e máximos de relações que os atores têm dentro da rede.

| DESCRIPTIVE STATISTICS | | | | | |
|---|----------|------------|------------|-----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | OutDegree | InDegree | NrmOutDeg | NrmInDeg |
| 1 | Mean | 14106.223 | 14106.223 | 1.216 | 1.216 |
| 2 | Std Dev | 19323.113 | 32176.660 | 1.666 | 2.774 |
| 3 | Sum | 253912.000 | 253912.000 | 21.893 | 21.893 |
| 8 | Minimum | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9 | Maximum | 82719.000 | 143846.000 | 7.132 | 12.403 |
| 10 | N of obs | 18.000 | 18.000 | 18.000 | 18.000 |
| Network Centralization (Outdegree) = 6.264% | | | | | |
| Network Centralization (Indegree) = 11.845% | | | | | |

Figura 8. Estatísticas descritivas em relação ao Grau de centralidade obtidos no software UCINET®.

Portanto, percebe-se que o grau de centralidade de saída da rede foi medido em 6,264% e o grau de centralidade de entrada em 11,845%.

Tais valores revelam que a rede é dispersa e que não é bem estabelecida (MOLLO NETO, 2010), a comunicação entre a unidade de Marília com a Reitoria é maior do que as demais, ou seja, nesse caso particular, para esta unidade, utiliza-se eficazmente o recurso de Telefonia VoIP.

Já a unidade Reitoria apenas recebe as ligações e não as faz, a não ser para ela mesma. Dessa forma, a rede deve ser desenvolvida de melhor forma para melhor aproveitar o recurso.

4. CONCLUSÕES

Por meio das técnicas de análise de redes sociais (ARS), foi possível avaliar a utilização de telefonia VoIP na Universidade pesquisada e, por meio de sua estrutura em rede, verificar o mapeamento das interações entre as suas unidades universitárias.

Os resultados obtidos indicam para uma rede com baixa conectividade entre os atores, isto demonstra o quanto a rede é dispersa gerando pouca troca de informações.

Entendendo-se o uso da telefonia VoIP como sendo um meio de comunicação para efetivar estas trocas, conclui-se que este recurso pode estar sendo subutilizado sob a perspectiva em relação à quantidade de segundos utilizados e o período de pesquisa, o que deveria ser confrontado com os dados de utilização ou de uso da rede convencional PSTN em período igual, proposta esta para maiores estudos futuros.

Nota-se que apesar da infraestrutura da telefonia IP disponível, os atores ainda recorrem à utilização da telefonia convencional.

Destaca-se que a pesquisa possui ainda algumas limitações, entre elas, a de que foram eliminados os ramais que não tiveram registros de ligações (as ligações que tiveram tempo de duração acima de 59 segundos), tanto recebidas quanto efetuadas. Por isso, é possível futuramente incluí-los nos estudos no sentido de que façam parte da rede contabilizando assim os atores isolados. Já que as informações são apenas sobre o tempo de duração das ligações, é possível também se efetuar numa nova pesquisa um levantamento dos custos atuais com ligações intermunicipais utilizando a telefonia convencional e propor que esta diferença de valores sirva como “fundo de qualificação” a ser retornado para cada ator. Essa atitude, inclusive, serviria de motivador para a maior utilização da tecnologia.

Sugere-se, ainda, após a análise da rede, que seja efetuado um treinamento efetivo direcionado aos atores das unidades universitárias, bem como a criação de um plano de gestão no uso da telefonia VoIP nesta instituição. Esse treinamento tem como objetivo influenciar a mudança de comportamento no sentido de maximizar a utilização da telefonia VoIP para que possam contribuir mais eficazmente no exercício de suas funções e conseqüentemente melhorar a comunicação e estreitar o relacionamento entre os pares confluindo para a excelência da instituição.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UNESP, mais particularmente a todos os seus executivos e colaboradores que permitiram o acesso às suas instalações e aos usuários dos *softwares* estudados para a coleta dos dados da presente pesquisa.

6. BIBLIOGRAFIA

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. Anexo à Resolução n.424, de 6 de dezembro de 2005. Regulamento de tarifação do serviço telefônico fixo comutado destinado ao uso do público em geral – STFC – prestado no regime público. Disponível em:

< http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao_consumidor/legislacao/leg_servicos_publico/leg_sp_telecomunicacoes/Resol424-05anatel-Anexo.pdf >. Acesso em 14 fevereiro 2011.



BERNAL, P. S. M., Voz sobre protocolo IP: a nova realidade da telefonia. São Paulo:Érica, ISBN: 978-85-365-0174-1, 2007.

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. Ucinet for Windows: software for social network analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies, 2002. Disponível em: . Acesso em: 28 mar. 2008.

CRISTOOLI, F.; LAGO JUNIOR, A.C.; FEITERA, C.H. Benefícios do uso do VoIP: Um estudo de caso na GM. RBGN, São Paulo, V.8, n. 21, p. 55-69, 2006.

DIGIUM INC., Asterisk Scalable Communications Framework. Disponível em <<http://www.asterisk.org>>. Acesso em: 31 janeiro 2011.

EMIRBAYER, M.; GOODWIN, J. Network analysis, culture and the problem of agency. American Journal of Sociology, v. 99, n. 6, p. 1411-1454, May 1994.

EXPAND NETWORKS. Convergência de Voz e Dados. Disponível em: <http://www.clm.com.br/resourcecenter/expand/voip_whitepaper_portuguesev2.pdf > Acesso em: 7 maio de 2012.

FAVA, F. E.; SACOMANO NETO, M., Redes de Empresas: utilização do Software Ucinet para a análise das relações entre empresas. 15º Congresso de Iniciação Científica – 5ª Mostra Acadêmica Universidade Metodista de Piracicaba, de 23 a 25 de outubro de 2007. Disponível em: < www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/5mostra/1/59.pdf >. Acesso em: 22 fevereiro 2011.

FERNANDES, L.L.F. Voz sobre ip: uma visão geral. Disponível em: <http://professores.unisanta.br/santana/downloads%5CTelecom%5CCom_Digitais%5CAulas%202o.%20Bimestre%5Cnelson_voip.pdf > Acesso em: 07 maio 2012.

HANNEMAN, R.A.; RIDDLE, M. , Introduction to Social Network Methods. Riverside: University of Califórnia, 2005. Disponível em: < <http://www.faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/> >. Acesso em: 05 fevereiro 2011.



LAZZARINI, S. G., Empresas em rede. São Paulo:Cengage Learning, ISBN:978-85-221-0651-6, 2008.

MOLLO NETO, M., Análise gráfica das relações em redes de empresas. São Paulo: Universidade Paulista, 2010. Notas de aulas.

SCOTT, J. Social network analysis: a handbook. 2. ed. London: Sage Publications, 2000.

TELEFÔNICA. Tabela de preços para planos de tráfego de longa distância: Planos “meus minutos intra” PA 136 e 154. Disponível em: < http://www.telefonica.com.br/onfiles/pdf/Pymes/Contratos/Voz/Tabela_de_Precos_de_Planos_de_Longa_Distancia_081010.pdf >. Acesso em 14 fevereiro 2011.

UNESP(a) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <www.unesp.br/ape/perfil>. Acesso em 24 janeiro 2011a.

UNESP(b). Rede de Computadores da UNESP. Disponível em: < [http://www.unesp.br/ai/noticias/CO\(CSTIeAI\).pdf](http://www.unesp.br/ai/noticias/CO(CSTIeAI).pdf) >. Acesso em 13 fevereiro 2011b.

VELASQUEZ, A. O. A., AGUILAR, G. N., Manual Introdutório à Análise de Redes Sociais – Medidas de Centralidade: Exemplos práticos com UCINET 6.109 e NetDraw 2.28. Disponível em: < [http://www.aprende.com.pt/fotos/editor2/Manual%20ARS%20\[Trad\].Pdf](http://www.aprende.com.pt/fotos/editor2/Manual%20ARS%20[Trad].Pdf)>. Acesso em: 03 fevereiro 2011.

VILLELA, L. E.; PINTO, M. C. S., Governança e Gestão Social em Redes Empresariais: análise de três arranjos produtivos locais (APLs) de confecções no estado do Rio de Janeiro, Revista de Administração Pública. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, n. 5, v. 43, ISSN 0034-7612, Setembro/Outubro 2009.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. Social network analysis: methods and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

CATÁLISE SUPRAMOLECULAR

Almas Taj Awan
IQ-UNICAMP

Suryyia Manzoor
IQ-UNICAMP

Vanderlei Inácio de Paula
Centro Universitário Padre Anchieta-Jundiá
vanderleip@anchieta.br

Resumo

A química supramolecular envolve o estudo das interações moleculares entre grupos específicos nas moléculas que proporcionam características diferenciadas. Este trabalho abordou a catálise supramolecular por metais de transição através de ligantes fosfinas que realizam o reconhecimento molecular. Os resultados dos testes catalíticos de sistemas supramoleculares obtidos a partir dos ligantes fosfinas **6**, **7A**, **10** e o par **20/23** mostraram maior rendimento e seletividade quando comparados aos respectivos sistemas catalíticos industriais. As interações moleculares envolvendo ligantes fosfinas mostraram-se altamente seletivo a substratos e/ou grupos funcionais característicos, princípios básicos envolvidos em sistemas enzimáticos, permitindo o estudo de estratégias de reconhecimento molecular.

PALAVRAS CHAVES: Supramolecular, catálise, reconhecimento molecular.

ABSTRACT

The supramolecular chemistry involves the study of molecular interactions between specific groups in the molecules that provide different characteristics. This paper discusses the supramolecular catalysis based on transition metals by phosphine ligands that perform molecular recognition. The results of catalytic tests of supramolecular systems obtained from the phosphine ligands **6**, **7A**, **10** and the pair **20/23** showed higher yield and selectivity when compared to the respective industrial catalytic systems. The molecular interactions involving phosphine ligands showed high substrate and/or characteristic functional group selectivity, the basic principles involved in enzyme systems, allowing the study of molecular recognition strategies.

KEYWORDS: Supramolecular, catalysis, molecular recognition.

1. INTRODUÇÃO

A química molecular é centrada na constituição de ligação covalente entre os átomos, formando estruturas bem definidas com reatividades intrínsecas. As ligações químicas são responsáveis pelas distinções entre a densidade eletrônica na estrutura química das moléculas, assim é possível prever a formação de interações específicas conhecida como forças intermoleculares. A organização de estrutura cristalina está relacionada às várias propriedades tais como: ponto de fusão, ponto de ebulição, índice de refração, viscosidade, densidade, solubilidade, reatividade entre outros.

Jean-Marie Lehn realizou um estudo referente ao entendimento das associações de duas ou mais espécies químicas que geram conjuntos moleculares organizados de maior complexidade e que apresentam funcionalidades relacionadas às interações intermoleculares, ou seja, interações fracas entre as moléculas que são reversíveis e não covalentes, definindo o termo “química supramolecular” (LEHN, 1973). Os termos expressos coloquialmente para a química supramolecular (supermoléculas) são “química além da molécula”, “a química dos compostos de ligação não-covalentes” e “química não-molecular” (STEED, 2009).

Em termos químicos, a formação de uma supermolécula pode ocorrer a partir da organização complexa entre as moléculas através do somatório de forças intermoleculares direcionadas, criando uma funcionalização específica para a associação, contudo tal funcionalização não é existente para cada molécula em particular. A supermolécula é caracterizada pelas forças direcionais que criam estabilidades adicionais gerando outras propriedades e eventos, alterando processos termodinâmicos, cinéticos e de seletividade, tais fenômenos não são previstos pela química tradicional (molecular) (CRAGG, 2005).

A química supramolecular pode constituir sistemas complexos a partir de um número incontável de organizações moleculares. O reconhecimento molecular é um aspecto primordial para o entendimento dessa química, pois é partir das interações entre as moléculas que se originam as organizações mais complexas. A importância do reconhecimento molecular veio à luz em meados do século XIX por Emil Fischer em 1894, muito antes do conceito de supramolecular ser estabelecido, que propôs que a ligação por enzimas é seletiva em relação ao substrato, uma analogia foi realizada pelo termo "chave e fechadura" representando o mecanismo pelo qual uma enzima reconhece

e interage com um substrato. Ajustes da geometria e tamanho são fundamentais a fim de promover complementaridade ao sistema, uma representação desse mecanismo é apresentada na figura 1 (LEHN, 1987).

Charles Pedersen, em 1967 nos seus estudos de síntese e funcionalização com estruturas denominadas coroas de éter, percebeu que tais compostos podiam realizar reconhecimento molecular através de íons, sendo seletivo para determinados grupos de cátions. Um novo conceito foi desenvolvido por Donald Cram através de estudos dos trabalhos de Pedersen abrangendo uma ampla gama de sistemas moleculares e estabelecendo um novo campo da química, química “host-guest”, onde a molécula “host” (hospedeiro) pode acomodar outra molécula, chamada de molécula “guest” (hóspede). Geralmente, o hospedeiro é uma molécula grande ou um agregado de moléculas, como uma enzima ou composto cíclico sintético tipo a ciclodextrina que possui uma cavidade central. O hóspede pode ser um cátion monoatômico, um ânion inorgânico simples, um par de íons ou uma molécula mais sofisticada, como um hormônio, feromônio ou neurotransmissor.



Figura 1: Mecanismo de complementaridade: sistema “chave e fechadura”

A química Supramolecular ainda é um campo novo, o que significa que pode ser bastante difícil definir exatamente o que deve ser incluindo neste conceito - na verdade, é um campo que tem se desenvolvido muito rapidamente devido à contribuição interdisciplinar entre a biologia e a química. Após a inserção do termo supramolecular no meio acadêmico por Jean-Marie-Lehn em 1987, o número de artigos com essa terminologia tem crescido consideravelmente. Antes desse período, o termo supramolecular geralmente era empregado em sistemas biológicos ou químicos para descrever grandes moléculas (ARIGA, 2006).

Catálise supramolecular implica o uso de interações “não covalentes” em sistemas catalíticos para alcançar maiores rendimentos e seletividade. As interações

covalentes que geralmente estão envolvidas no fenômeno de catálise são ligações de hidrogênio, empilhamento π - π , interações hidrofóbicas, interações de ânions- π , interações de cátions- π , interação de ácido de Lewis com metal, interações íon-dipolo, atrações ânions-cátions, interações de van der Waals e interações de transferência de carga (VAN LEEUWEN, 2008).

A característica notável a respeito dos catalisadores naturais, as enzimas, tem proporcionado grande estímulo ao desenvolvimento e inspirações para novos catalisadores que imitem suas semelhanças, ou seja, altas eficiências e seletividade (LEHN, 1995). A Química Supramolecular iniciou-se com o processo iterativo da química *host-guest*, ou seja, entendendo o mecanismo de interação da catálise enzimática, com a característica simplificada que o host que contém o catalisador irá converter os substratos em produto, o substrato complexado através de um sistema tipo chave-fechadura. As reações estudadas foram muitas vezes tomadas a partir de reações enzimáticas conhecidas, como a hidrólise de ésteres, condensação de aldeídos e as reações de Diels-Alder. A maioria dessas reações também pode ocorrer sem catalisador e a eficácia do catalisador supramolecular é normalmente medida através de comparações com os dados de conversão de reagente a produtos de reações sem catalisador.

Geralmente, catalisadores organometálicos não podem ser comparados às reações não catalisadas, tais como: polimerização de alquenos, hidrogenação e hidroformilação, pois não há homólogos em reações não catalisadas. O processo de avaliação de catalisadores por comparação nem sempre apresenta uma base adequada a estudos, pois os mecanismos reacionais envolvidos são totalmente diferentes. Não é esperado de catalisadores supramoleculares rendimentos de conversão de reagentes a produtos com melhor eficiência em relação aos catalisadores organometálicos, entretanto é possível obter melhores resultados de seletividade com o sistema supramolecular.

A reatividade do catalisador supramolecular envolve três etapas principais, como apresentado na figura 2: *Interação* com substratos seletivos e *transformação* das espécies ligadas a estrutura supramolecular em produtos e *liberação* do produto formado, em todas as etapas estão envolvidos o processo de reconhecimento molecular (LEHN, 1995).

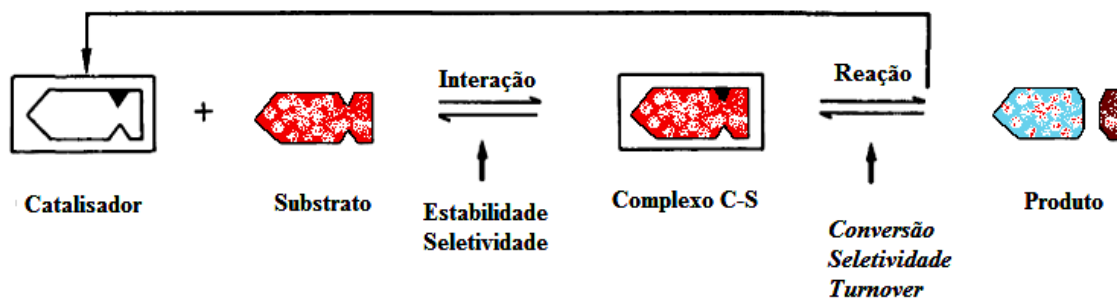


Figura 2: Representação do processo de catálise supramolecular (LEHN, 1995).

2. DESENVOLVIMENTO

Interações moleculares do tipo ligação de hidrogênio são organizadas em várias estruturas que conferem o termo supramolecular. Contudo, quando se trata de compostos que possuem atividades catalíticas, as interações são restritas aos grupos ligantes dos centros metálicos.

Complexos com metais de transição coordenados com óxido de fosfina secundária (SPO) apresentam interações do tipo de ligação de hidrogênio entre os grupamentos fosfinas, de tal modo que as estruturas obtidas com esses ligantes monodentados apresentam vantagem de possuir uma estabilidade adicional ao complexo devido ao “pseudo efeito quelato” gerado pelo ligante, visto que as interações permitem que atuem como se fossem ligantes bidentados. Os estudos com SPOs foi iniciado por Roundhill, em 1975, com a síntese de hidretos de platina, obtendo o primeiro ligante com a característica de automontagem (ROUNDHILL, 1975).

Na figura 3, o uso de SPOs (1) é uma opção interessante na formação de complexos visto que não apresenta o inconveniente de sofrer facilmente oxidação e é inerte em relação à água. Assim não é necessário trabalhar com atmosfera de gás inerte e evita o uso de grupos protetores, outra vantagem é grande facilidade de síntese podendo ser obtido uma diversidade de ligantes estáveis. As estruturas estáveis pentavalente não são adequadas para obter coordenação efetiva com metais de transição, no entanto, há ocorrência de um equilíbrio tautomérico que leva a formação de hidroxifosfina (2), o qual é facilmente coordenado a um centro metálico deslocando o equilíbrio reacional para esquerda, formando o complexo metálico (3). Em catálise, o termo “pré-catalisador” é usado para o precursor estável de um catalisador, assim se pode propor o termo “pré-ligante” para essa classe de fosfinas (1) (BÖRNER, 2004).

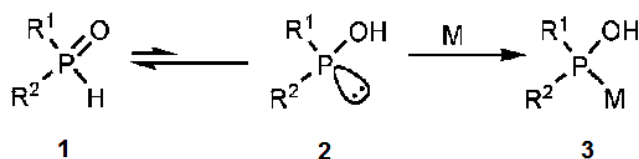


Figura 3: Equilíbrio tautomérico de óxido de fosfina gerando complexo metal-ligante (BÖRNER, 2004).

Na figura 4, são apresentados os complexo de hidreto platina (6) contendo duas unidades de óxido de fosfina (5) foram sintetizados através do deslocamento do equilíbrio tautomérico entre o ligante e complexo (4). O catalisador obtido é ativo nas reações hidroformilação de olefinas, conforme ilustrado pela figura 5, apresentando melhor seletividade e rendimento para obtenção do aldeído linear em relação aos catalisadores de hidreto tetracarbonila de cobalto (I) (VAN LEEUWEN, 1983). Os testes catalíticos indicam ausência de atividade e seletividade na ausência de SPO, e tal efeito é suposto pelas interações de ligação de hidrogênio entre os grupamentos fosfinas (VAN LEEUWEN, 1986).

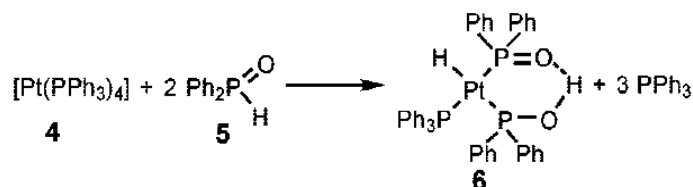


Figura 4: Síntese de complexo de Platina com óxido de fosfina isomerizada.

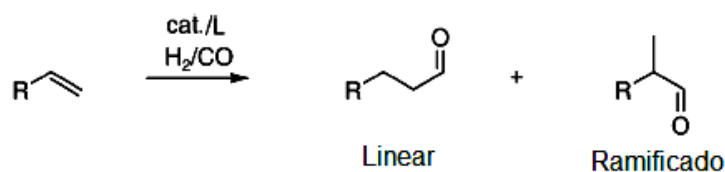


Figura 5: Reação típica de hidroformilação de olefinas.

Ligantes monodentados semelhantes à SPO proporcionam o efeito de automontagem através de ligações de hidrogênio e assim se comportam como ligantes bidentados que conduzem a uma alta seletividade e enantioseletividade em catálise homogênea devido à formação de uma estrutura catalítica com centro de coordenação mais rígido (VAN LEEUWEN, 2000). A síntese de ligantes bidentados geralmente é mais complexa que os ligantes monodentados, pois promovem maior estabilidade e maior impedimento estérico, características que dificulta a formação de espécies

reativas em catálise (KOMAROV, 2001). Uma revisão sobre ligantes do tipo SPO aplicados em catálise foi relatado por Ackermann (2006).

Na figura 6, é apresentado outro sistema baseado na automontagem por ligação de hidrogênio envolve o equilíbrio tautomérico entre os derivados de 2-piridona (**7A**) e 2-hidroxi-piridina (**7B**) que podem sofrer dimerização em solventes apróticos, os derivados de fosfina proporcionam a formação do complexo (**8**) pela participação das duas espécies presentes no equilíbrio tautomérico. O complexo *cis*-[PtCl₂(6-DPPon)₂] (**9**) foi obtido a partir de dois equivalentes de 6-difenilfosfina-2-piridona (6-DPPon) (**7A**) com [PtCl₂(1,5-COD)] (COD = ciclooctadieno) e a estrutura foi determinada por raios-X mostrando a presença dos grupos piridona e hidróxi-piridina próximos, característico de interação química, figura 7 (BREIT, 2003).

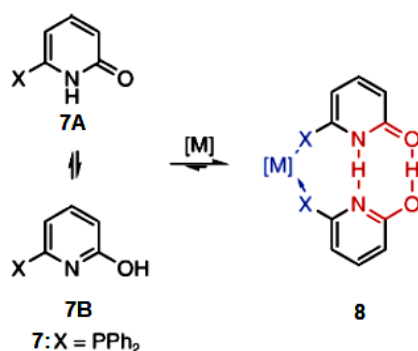


Figura 6: Equilíbrio tautomérico e coordenação envolvendo derivado de 2-piridona.

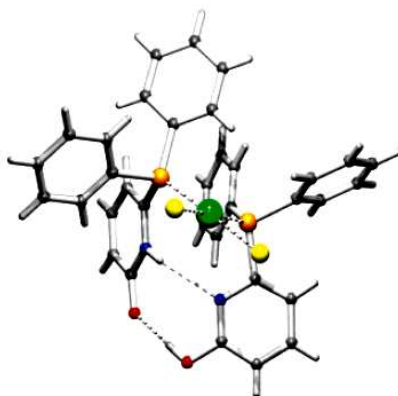


Figura 7: Estrutura de raio-X do complexo *cis*-[PtCl₂(6-DPPon)₂] (**9**)

Realizou-se testes catalíticos de hidroformilação de 1-octeno a fim de constatar a extensão do efeito quelante gerado pela ligação de hidrogênio entre os grupos fosfinas. A escolha para a hidroformilação de olefinas terminais foi devido ao conhecimento da seletividade desta reação em relação ao efeito quelante.

Para calibrar os resultados, foi empregado o catalisador industrial de ródio/ PPh_3 como o modelo de um catalisador contendo uma fosfina monodentada, e para a referência de um ligante bidentado utilizou-se *t*-Bu-XANTPHOS, um dos melhores ligantes para hidroformilação de olefinas com seletividade para produtos lineares. De acordo com as entradas 1 e 2 da tabela 1, a regioseletividade para o sistema ródio/ PPh_3 foi bastante baixa. A regioseletividade foi significativamente mais elevada para o sistema *t*-Bu-XANTPHOS, entretanto, a atividade do catalisador é expressivamente menor (entradas 3 e 4 da tabela 1).

Ao empregar o catalisador obtido da reação de 6-DPPon(**7A**) e $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{acac}]$, o sistema de catalítico executou uma excelente regioseletividade e atividade (entradas de 5 e 6). Tais resultados indicam que as fosfinas 6-DPPon comportam como ligante quelante. A atividade significativamente maior quando comparada ao sistema *t*-Bu-XANTPHOS pode ser devido a efeitos eletrônicos exercidos pelos grupos retiradores de elétrons do núcleo da piridona.

Um estudo da estabilidade da ligação de hidrogênio em relação à variação de temperatura foi investigada durante testes catalíticos envolvendo o catalisador de ródio/6-DPPon nas temperaturas entre 50 e 140°C como mostrado na figura 8. Acima de 110°C, a regioseletividade diminuiu apresentando valor próximo do sistema ródio/ PPh_3 o que indica que há um decaimento das ligações de hidrogênio do grupo piridona.

Tabela 1: Hidroformilação de 1-octeno^a

| <i>Entrada</i> | <i>Ligante</i> | <i>T</i> ^o (C) | <i>Conversão</i> (%) ^b | <i>Isomerização</i> (%) ^b | <i>l:b</i> ^b |
|----------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 | PPh_3 | 65 | 22 | 0,3 | 73:27 |
| 2 | PPh_3 | 80 | 98 | 9 | 72:28 |
| 3 | <i>t</i> -Bu-XANTPHOS | 65 | 6 | 1 | 98:2 |
| 4 | <i>t</i> -Bu-XANTPHOS | 80 | 31 | 2 | 98:2 |
| 5 | 6-DPPon (7A) | 65 | 56 | 3 | 97:3 |
| 6 | 6-DPPon (7A) | 80 | 96 | 8 | 96:4 |

^aParâmetros reacionais: Rh:L:1-octeno (1:20:7000), c (1-octeno) = 1,4M, 4h, tolueno, 10 bar CO/H₂ (1:1). ^bDeterminado por análise de CG. Fonte de ródio $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{acac}]$.

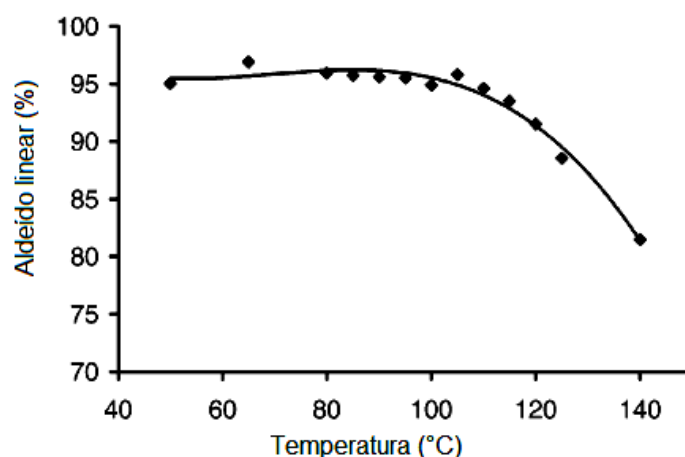


Figura 8: Correlação da temperatura sobre a seletividade da reação de hidroformilação de 1-octeno com sistema catalítico de ródio/6-DPPon.

As interações de hidrogênio em ligantes específicos permitem a formação de sistemas que possam ter comportamento semelhante a enzimas. O comportamento catalítico das enzimas está relacionado ao reconhecimento molecular. Assim, a constituição de catalisadores contendo sistemas que permitam o reconhecimento molecular poderá apresentar a catálise com metais de transição de forma mais eficiente e seletiva.

Breit, 2008 relatou a síntese de um novo catalisador supramolecular à base de ródio que é altamente ativo e regioseletivo para hidroformilação de ácidos carboxílicos insaturados. A estratégia empregada na síntese do catalisador supramolecular foi combinar grupos funcionais guanidinas em fosfinas para que fosse exequível o reconhecimento molecular entre o grupamento ácido carboxílico presente no substrato (BREIT, 2008). O reconhecimento molecular permite o favorecimento de uma determinada direção a coordenação do substrato ao centro metálico do catalisador como mostrado na figura 9.

A partir de modelagem molecular, a arquitetura do ligante foi projetada instigando a instalação do grupo funcional acil-guanidina na posição meta em relação à unidade de fosfina, assim o catalisador de ligação deve permitir o maior número de interação com o substrato como mostrado na figura 10.

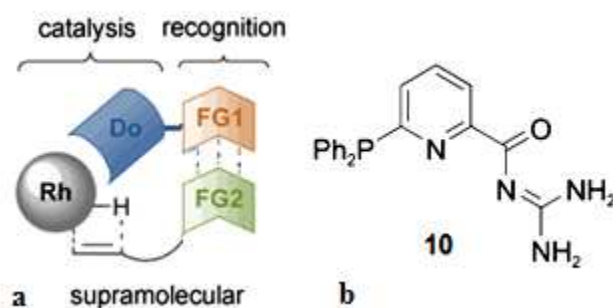


Figura 9: a) Catalisador supramolecular com grupo fosfina direcionador catalítico. b) Fosfina (**10**) com grupamento guanidina para reconhecimento molecular. Do = grupo doador; FG1/ FG2 = grupos funcionais complementares. (BREIT, 2008).

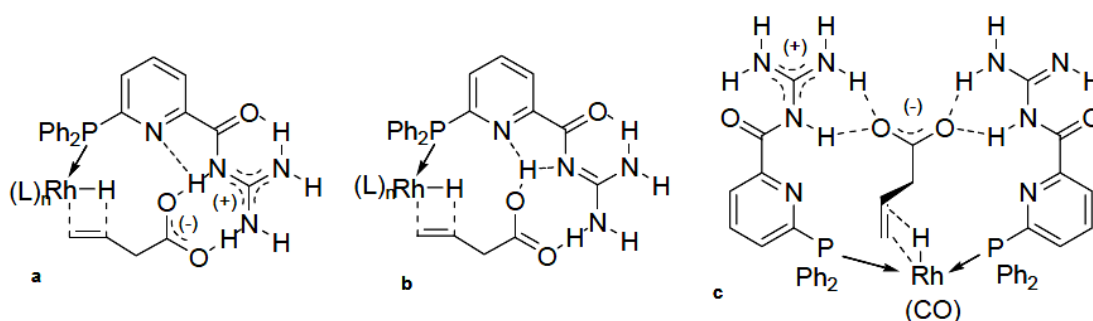


Figura 10: Modelos de interação entre substrato e catalisador. a) Interação por ligação de hidrogênio e par iônico; b) interação somente por ligação de hidrogênio; c) interação de dois ligantes, sendo um ligante neutro e outro protonado. (MMFF, Spartan Pro) (BREIT, 2008).

O sistema catalítico formado por $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{acac}]$ /ligante **10** foi testado para reação de hidroformilação do ácido vinil acético (figura 11) o qual apresenta excelente atividade catalítica, $\text{TOF} = 250 \text{ h}^{-1}$ (TOF = frequência de turnover, ou seja frequência de rotação do catalisador) e regioseletividade, $l/b > 23$ (l/b = razão linear/ramificado) e sobre condições otimizadas obteve-se 95% de conversão e alta regioseletividade ($l/b > 98:2$), na tabela 2. O resultado foi comparado nas mesmas condições com o catalisador industrial de $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{acac}]/\text{PPh}_3$, o qual apresentou baixa atividade catalítica ($\text{TOF} = 30 \text{ h}^{-1}$) e regioseletividade ($l/b = 1,3$). Os dados dos testes catalíticos para a hidroformilação do ácido vinil acético apontam que o catalisador supramolecular obtido com o ligante **10** deve estar direcionando o substrato ao centro metálico, característica referente ao reconhecimento molecular. Para esclarecer o papel do ligante **10** na reação hidroformilação, uma série de experimentos de controle foi realizada como mostrado na tabela 3, envolvendo a mudança do substrato e adição de inibidores.

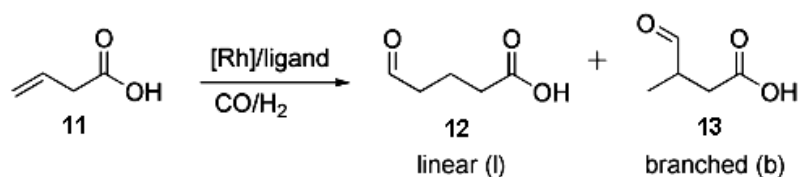


Figura 11: Produtos de hidroformilação do ácido vinil acético (**11**).

Tabela 2: Hidroformilação do ácido vinil acético*

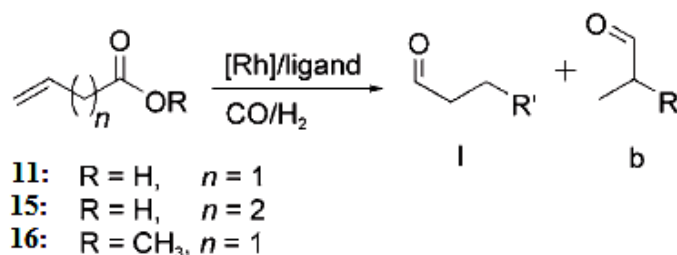
| Entrada | Ligante | $T^\circ(\text{C})$ | Conversão(%) ^b | <i>l</i> : <i>b</i> | TOF(h^{-1}) |
|---------|----------------|---------------------|---------------------------|---------------------|------------------------|
| 1 | PPh_3 | 40 | 53 | 1.3 | 30 |
| 2 | XANTPHOS | 40 | 5 | >20 | 3 |
| 3 | XANTPHOS | 80 | 85 | 15.5 | 50 |
| | | | 100 (20h) | | |
| 4 | - | 40 | 25 | 0.58 | 16 |
| 5 | 10 | 40 | 100 | 23 | 250 |
| 6 | 10** | 40 | 96 (20h) | 98.3 | |

*Parâmetros reacionais: Rh:L:Substrato (1:20:200), c (**11**) = 0,2M em 2 mL de (tetraidrofurano) (THF), 4h, 10 bar CO/H_2 (1:1). ** 4 bar CO/H_2 (1:1), temperatura ambiente, c (**11**) = 0,39 M em 5 mL de THF.

^bDeterminado por análise de CG. Fonte de ródio $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{acac}]$.

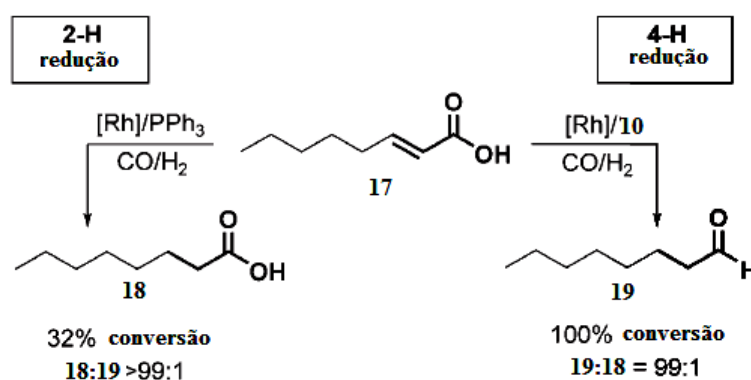
O teste catalítico envolvendo o ácido 4-pentenóico (**15**) apresenta menor valor de TOF em relação ao ácido vinil acético (**11**). Os testes mostram que a distância entre os grupos funcionais do ácido carboxílico e a insaturação são primordiais para o bom funcionamento do catalisador, o que sugere que a unidade de reconhecimento molecular e da unidade catalítica está integrada na mesma molécula para alcançar a atividade catalítica e seletividade. A reação com éster metílico (**16**) que não possui a funcionalidade complementar reagiu lentamente e com baixa seletividade (entradas 3 e 4, tabela 3).

As reações de hidroformilação envolvendo o catalisador de ródio e o ligante PPh_3 com ácidos carboxílicos α e β insaturados mostraram-se atividade preferencial para a hidrogenação da ligação dupla carbono-carbono do substrato (**17**), no entanto, a mudança para um ligante supramolecular (**10**) converte o ácido 2-octenóico (**17**) em octanal (**19**) (Figura 12) (BREIT, 2008).

Tabela 3: Experimentos de controle de desempenho catalítico.


| Entrada | Substrato | Conversão(%) ^b | l:b | TOF(h ⁻¹) |
|---------|-----------|---------------------------|-----|-----------------------|
| 1 | 11 | 100 | 23 | 250 |
| 2 | 15 | 73 | 3.6 | 49 |
| 3 | 16 | 50 | 1.1 | 29 |

*Parâmetros reacionais: Rh:L:Substrato (1:20:200), c (substrato) = 0,2M em 2 mL de THF, 4h, 10 bar CO/H₂ (1:1). ^bDeterminado por análise de CG. Fonte de ródio [Rh(CO)₂acac].


Figura 12: Redução do ácido 1-octenóico

Estratégia envolvendo grupos complementares de grande impedimento estérico são presentes nos catalisadores supramoleculares com estrutura de tetrafenilporfirina de zinco (II) (**20**) que interagem com piridinas doadoras acopladas em fosfinas (21-24), como mostradas na figura 13. Em estudo por modelagem molecular indica que há a possibilidade da interação entre três estruturas porfirina-zinco (**20**) com uma fosfina (**23**) (REEK, 2001). O sistema foi testado para a reação catalítica de acoplamento C-C de Heck envolvendo iodo benzeno e estireno. Três complexos de paládio (0) com tetrakis fosfinas foram preparados conforme mostrado na figura 14, a adição do grupo porfirina (**20**) sobre a fosfina (**23**) mostrou rápida produção de produtos.

A automontagem dos grupos fosfina e piridina levam à formação de um complexo monofosfina e isso resulta em rápida adição oxidativa de iodo benzeno e subsequente reação com o estireno.

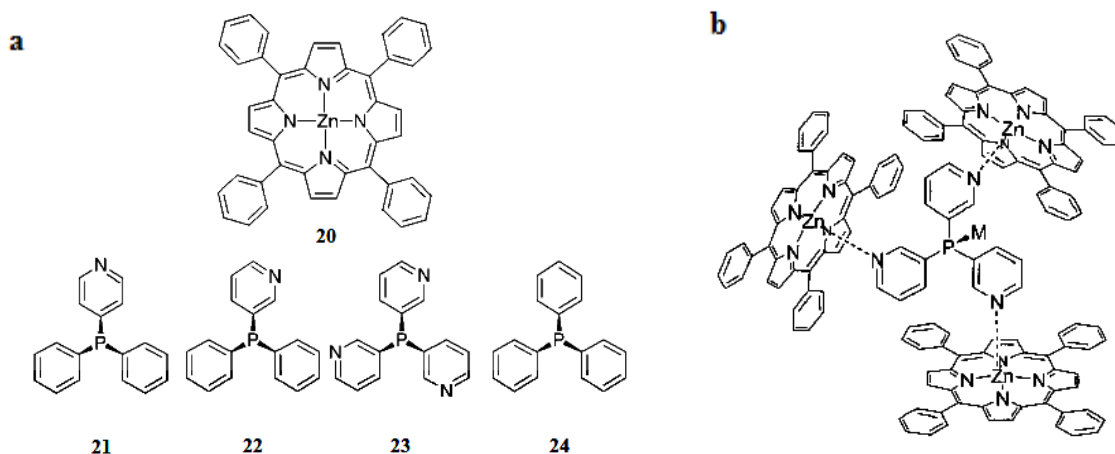


Figura 13: a) Tetrafenilporfirina de zinco(II) e ligantes fosfinas. b) Modelo de estrutural do catalisador contendo fosfinas e grupos porfirinas coordenados.

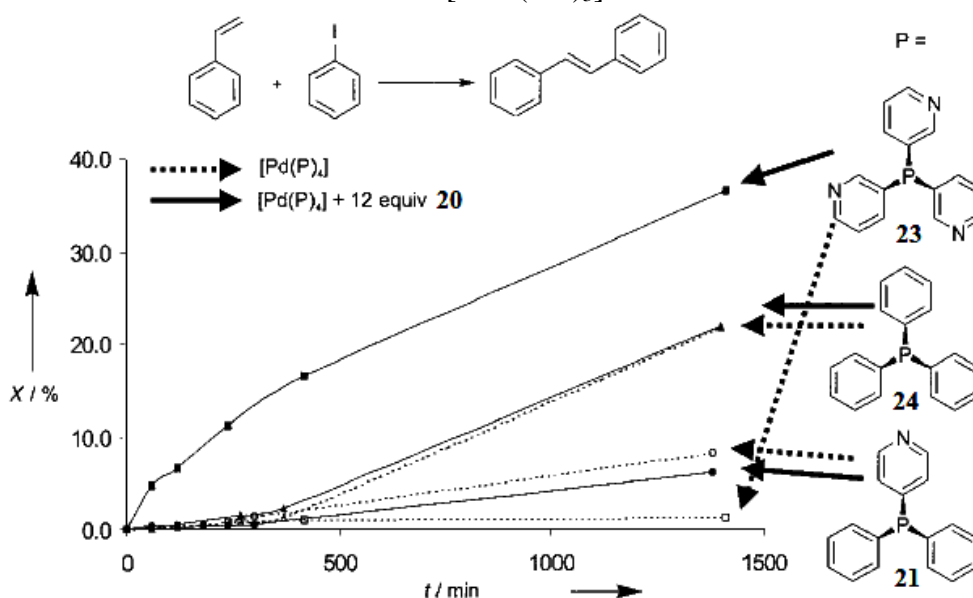


Figura 14: Conversão de estireno em reação de Heck com vários catalisadores.

Interações iônicas também são utilizadas em ligantes modentados com a finalidade de complementaridade e conseqüentemente a geração do efeito quelante, no entanto, a combinação entre pares iônicos é mais ampla. O par iônico formado pelas fosfinas 25/26 foram testado com vários metais de transição e estruturas geométricas cis são obtidas majoritariamente (figura 15). Outros pares iônicos também apresentam o

mesmo efeito, tais como: ácidos e amins ($\text{COOH} \cdots \text{NH}_2$), ácidos e fosfato ($\text{COOH} \cdots \text{O}=\text{P}$), íon amônio e fosfato ($\text{NH}_3^+ \cdots \text{O}=\text{P}$) e sulfato e íon amônio ($\text{SO}_3^- \cdots \text{NH}_3^+$) (GULYAS, 2007).

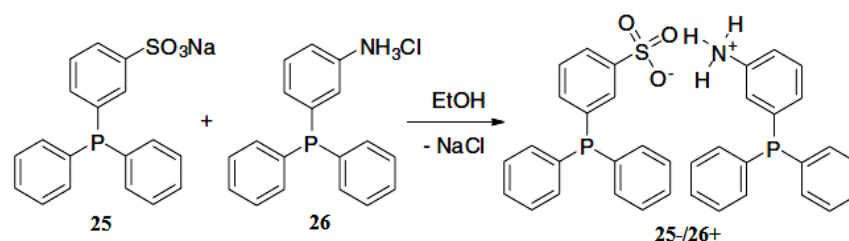


Figura 15: Ligantes fosfinas envolvidos por interações iônicas.

Yam e colaboradores, 2003, relataram a complementaridade através da inserção cátions em sistemas fosfinas que possuem éter coroa (figura 16). A isomerização cis-trans que ocorre no composto de paládio (**27**) é induzida pela ligação de íons de metais alcalinos tais como sódio e potássio, dessa forma as estruturas podem ser convertidas nas estruturas **28** ou **29**, a adição de íons K^+ (maior volume) induz a preferência para o isômero cis (**29**) (YAM, 2003).

Até o presente momento, não foram realizados testes catalíticos com as estruturas citadas.

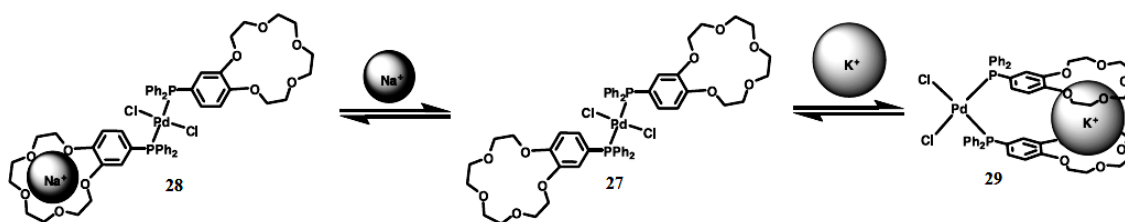


Figura 16: Efeito dos cátions sobre o equilíbrio cis-trans.

3. CONCLUSÃO

Os sistemas supramoleculares constituídos de metais de transição e fosfina terciária apresentaram melhor atividade catalítica e seletividade em relação aos sistemas tradicionais. O princípio responsável para o melhor desempenho de um sistema catalítico supramolecular é o processo de reconhecimento molecular entre os ligantes substratos com o catalisador.

As estratégias de síntese dos ligantes são espelhadas nos princípios envolvidos em sistemas enzimáticos com intuito de obter melhor desempenho e seletividade de substratos ou de grupos funcionais. O desenvolvimento sintético dos sistemas catalíticos mostra se eficaz e simplificado, como caso dos ligantes a base de óxidos de fosfinas secundárias não apresentam o inconveniente de sofrerem facilmente oxidação.

Até o momento, o sistema catalítico supramolecular estudado majoritariamente é de hidrogenação e hidroformilação de olefinas, visto que são sistemas simples na averiguação de dados, no entanto, se espera a ampliação dos estudos em outros processos catalíticos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMAN, L.; *Synthesis*, **2006**, 1557.

ARIGA, K.; KUNITAKE, T. *Supramolecular Chemistry-Fundamentals and Applications*, Spring: Germany, **2006**.

BREIT, B.; SEICHE, W.; *J. Am. Chem. Soc.*, **2003**, 125, 6608.

BREIT, B.; SMEKAL, T.; *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2008**, 47, 311.

BÖRNER, A.; DUBROVINA, N. V.; *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2004**, 43, 5883.

CRAGG, P. J.; *A practical Guide to Supramolecular Chemistry*, Jonh Wiley & Sons: Great Britain, **2005**.

GULYAS, H., BENET-BUCHHOLZ, J., ESCUDERO-ADAN, E. C., FREIXA, Z.; VAN LEEUWEN, P. W. N. M.; *Chem.–Eur. J.*, **2007**, 13, 3424.

KOMAROV, I. V.; BÖRNER, A.; *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2001**, 40, 1197.

LEHN, J. M.; *Struct. Bond.*, **1973**, 16, 1.

LEHN, J. M.; *Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives*; VCH: Germany, **1995**.

REEK, J. N. H.; VAN LEEUWEN, P. W. N. M.; SLAGT, V. F.; KAMER, P. C. J.; *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2001**, 40, 4271.

ROUNDHILL, D. M.; BEAULIEU, W. B.; RAUCHFUSS, T.; *Inorg. Chem.*, **1975**, 14, 1732.

STEED, J. W.; ATWOOD, J. L.; *Supramolecular Chemistry*, 2^oed. John Wiley & Sons: UK, **2009**.

VAN LEEUWEN, P. W. N. M.; *Supramolecular Catalysis*, Wiley-VCH: Germany, **2008**.

VAN LEEUWEN, P. W. N. M.; KAMER, P. C. J., REEK, J. N. H.; DIERKES, P.; *Chem.Rev.*, **2000**, 100, 2741.

VAN LEEUWEN, P. W. N. M.; ROOBEEK, C. F.; *Eur. Pat. Appl.*, EP 0082576, **1983**. (CA 1983, 99 121813).

VAN LEEUWEN, P. W. N. M.; ROOBEEK, C. F., Wife, R. L.; FRIJNS, J. H. G.; *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, **1986**, 31.

YAM, V. W. W.; LU, X. X.; KO, C. C.; *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2003**, 42, 3385.

FACILITY MANAGEMENT: CONTEXTUALIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Andreas Dittmar Weise

Centro de Tecnologia, DPS - Departamento de Produção e Sistemas - UFSM

mail@adweise.de

Charles Albino Schultz

Curso de Administração, Campus Chapecó - UFFS

charles.schultz@uffs.edu.br

Rudimar Antunes da Rocha

Centro Sócio-Econômico, CAD - Departamento de Ciências da Administração - UFSC

rrudimar@hotmail.com

RESUMO

O presente artigo destaca a relevância do *Facility Management* (FM) nos países desenvolvidos, como uma ferramenta de gestão eficiente para a redução dos custos e melhoria da gestão das organizações, especialmente das que atuam no segmento de serviços e construção civil. O artigo é do tipo multicase. A técnica de pesquisa foi a de levantamento de dados exclusivamente de fontes secundárias. Os motivos para o desenvolvimento do FM foram à diminuição de custos de operação e de manutenção, bem como à otimização e aumento da rentabilidade do investimento imobiliário. Todas essas ações visam à satisfação dos usuários e proprietários.

Palavras-chave: Facility Management, Mercado de Facility Management, Formação de Facility Manager.

Abstract

This article highlights the relevance of Facility Management (FM) in developed countries as an effective management tool for reducing costs and improving the management of organizations, especially those who work in the service sector and construction. The article was prepared from the data collection side and is multicase. The reasons for the development of FM were to decrease operating costs and maintenance, as well as the optimization and increase the profitability of real estate investment, beyond the satisfaction of users and owners.

Key-words: Facility Management, Facility Management Market, Training of Facility Manager.

1. INTRODUÇÃO

O *Facility Management* (FM) também denominado Gestão de Facilidades, surgiu no século passado na busca das empresas de melhorar, por um lado, a competitividade, e, dessa forma, a participação do mercado, e por outro lado, garantir a sobrevivência delas. Os mercados está em processo constante de transformação e as empresas precisam gerar rapidamente respostas para não perder partes do mercado. Isto é a situação inicial, em que as empresas estavam no século passado. Weise *et al* (2009) salientaram, por exemplo, que o mercado de FM no Brasil tende a crescer em torno de 10% nos próximos dez anos. As empresas que o adotam em sua gestão preferem fazê-lo de modo integral, pois assim, a sinergia e a eficiência se ampliam nos resultados de economia futura de modo orgânico, pois esta ferramenta reduz as despesas de controle e coordenação.

No início, o *Facility Management* foi utilizado, basicamente, em atividades de setores de infraestruturas e em técnicas de gestão organizacional, como uma maneira eficiente de ampliar a oferta de serviços e produtos de *FM*. Desde então, a sua aplicação vem se ampliando e ganhando espaço em outras áreas de gestão das organizações, principalmente visando o aumento da integração de serviços. Por isto, dependendo do ponto de vista, diversos autores vejam diferenças sobre a história do *Facility Management*, do início do FM até hoje. Por essas razões, o objetivo deste artigo é apresentar o surgimento e desenvolvimento da base conceitual do FM, explicando as causas da criação dele, a formação no *Facility Management* e, no final, uma comparação internacional de FM entre Alemanha, Brasil, EUA e Grã-Bretanha.

2. METODOLOGIA

Nas palavras de Silva e Menezes (2001), a pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que tem por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa é realizada quando se tem um problema e não se têm informações para solucioná-lo. Para Vergara (2009), ela pode ser classificada tanto em relação aos fins, quanto em relação aos meios. Quanto aos fins, classifica-se como descritivo, já que se propõe a descrever um fenômeno ou objeto com a intenção de revelar particularidades, não perceptíveis normalmente. Quanto aos meios, classifica-se como estudo de multicaso, pois é possível

descrever vários fenômenos dos componentes do universo estudado. Isso porque, levanta-se o histórico e a análise de *Facility Management* pela sua comparação na Alemanha, Brasil, Estados Unidos e Grã-Bretanha. Os dados tiveram origem em fontes secundárias, ou seja, foram utilizadas como fonte de pesquisa livros, artigos, enfim referencial já trabalhado por outros pesquisadores, não tendo sido efetuada uma pesquisa de campo, o que caracterizaria um levantamento de dados primários (MATTAR; 2005). E ainda, para Lakatos e Marconi (2007), a realização de estudos com base em dados secundários possibilitam selecionar um tema dentro das inclinações e aptidões do pesquisador, que almeja elaborar um trabalho científico.

3. DESENVOLVIMENTO DA BASE CONCEITUAL DO FM

Na metade dos anos 1950, foi lançada a base para o *Facility Management*. A origem da palavra é do latim, ou seja, *facilis* como fácil e *manus* como mão. Em outras palavras: mão fácil. O objetivo do FM é melhorar a produtividade da gestão das organizações, por meio da redução dos desperdícios, a partir melhoria dos processos e na sua melhoria e manutenção (NÄVY, 2006).

Historicamente, credita-se o pioneirismo de implantação do FM à *Pan American World Services* e aos irmãos Schnelle do *Qickborner Team*, por terem desenvolvido um novo tipo de escritório americano com a utilização do FM. A *Pan American World Services* inspirou-se na *US-Air Force*, a qual contratou, em 1952, essa empresa para exercer e administrar a *Eastern-Test-Range* e cuidar de sua manutenção (LOCHMANN; KÖLLGEN, 1998).

3.1 Criação da associação

Em 1978, a empresa *Hermann Miller Corporation*, uma das maiores produtoras de móveis, organizou uma conferência intitulada *Impactos de Facilidades na Produtividade* “*Facilities Impact on Productivity*”, Ann Arbor, Michigan-EUA, para a troca de experiências sobre o FM (MAY; ESCHENBAUM; BREITENSTEIN, 1998). A partir desta conferência, foi formado um grupo de estudos, sob direção de Dave Armstrong, para analisar os fundamentos básicos da área. Um ano depois, foi criado o *Facility Management Insitute* (FMI), pelo Dave Armstrong e com o referido evento, emergiu a preocupação gerencial de utilização do FM. Assim, peritos de diversas áreas do conhecimento empresarial começaram a investigar o nível

em que o processo de trabalho é influenciado pelos edifícios. Ao mesmo tempo, o esse instituto dá início ao desenvolvimento e melhoria na gestão dos equipamentos e mobiliário das empresas.

No ano de 1980, quarenta profissionais de FM fundaram a Associação Nacional de *Facility Management* (*National Facility Management Association – NFMA*). Esta associação conseguiu atingir, em três anos, 1200 associados.

3.2 Internacionalização

Com a internacionalização e crescimento da NFMA, a associação passou a ser chamada de *International Facility Management Association – IFMA*. E, logo após o ingresso do Canadá como membro, a sede foi transferida de Ann Arbor para Houston, Texas-EUA. Com o passar dos anos, assiste-se a consolidação da IFMA que possui mais de 19.000 associados, estando presente em mais de 16 países (IFMA, 2010). Na Europa, desde a metade de anos 1980, os estudiosos daquele continente se esforçam para ampliar a participação das demais nações europeias. Do ponto de vista da criação de associações que balizem as atividades do FM na Europa, foi criado em 1985 pelo arquiteto Britânico Francis Duffy a Associação de *Facility Management* (*Association of Facility Management – AFM*) e o *Institute of Administrative Management/Facility Management Group – IAM/FMG* e, em 1990, a fundação do *European Network*, localizada em Glasgow – Grã-Bretanha (NÄVY, 2006).

Na Holanda, o FM foi introduzido em 1987, isto é, dois anos depois na Alemanha com a criação da Associação Nacional Alemã de *Facility Management* (*Nationaler Verband German Facility Management Association – GEFMA*). A GEFMA já tem mais de quatrocentos associados. Ela criou 35 normas que oferecem apoio na utilização e aplicação do FM (NÄVY, 2006). Já, em 1996 foi fundada a IFMA, com sede em Munique (Alemanha) com a participação de profissionais das empresas privadas e públicas. Ao contrário da GEFMA, a IFMA da Alemanha tem seu foco no *benchmarking*, marketing, gestão de manutenção e certificação (SCHNEIDER, 2004). No Brasil, existem algumas empresas que anunciam a prestação de serviços de FM em seus *sites*. Mesmo assim, elas continuam no seu estágio inicial, sendo que, a Associação Brasileira de *Facilities* (Abrafac), só foi criada em 2004 (QUINELLO; NICOLETTI, 2006). A Abrafac possui cerca 240 associados (SCARDIGLI; KOLB, 2010). No Brasil ainda não houve a popularização do FM, pois nem mesmo o termo de *Facility Management* é plenamente difundido no mercado de imóveis industriais, bem como o conceito de atividade não é

compreendido em termos de seus mecanismos próprios, dos sistemas e soluções que tem criado ao longo de sua evolução (BELFORD *apud* CUSHMAN & WALKFLIED SEMCO, 2006). Portanto, há muito para ser explorado em relação aos recursos que o FM pode trazer para o incremento dos negócios.

3.3 Objetivos do FM

Um dos objetivos tem sido o da aceitação e da contratação de profissionais especializados pelas organizações para implantação dos princípios de *FM* no processo de gestão, como uma forma de aprendizagem profissional, bem como no fortalecimento de uma associação mundial que represente os interesses dos profissionais. Além disso, urge que se crie programas de educação, pesquisas e conferências, visando a definição de um sistema de certificação empresarial em *FM*. Do ponto de vista conceitual, o *Facility Management Institute*, assim o define: “*Facility Management is the practice of coordinating the physical workplace with the people and work of the organization, integrating the principles of business administration, architecture, and the behavioral and engineering sciences*” (LIBRARY OF CONGRESS, 1983 *apud* KAHLEN, 2001).

Dessa forma, o FM constituiu-se como uma abordagem de aspectos do local de trabalho (*workplace*), das pessoas trabalhando (*people*) e da organização do trabalho (*work*) (SCHULTE; PIERSCHKE, 2000; QUINELLO; NICOLETTI, 2006). Tal definição foi publicada pelo *International Facility Management Association* (IFMA) no “*The IFMA Report # 1*” (IFMA, 1984). A partir dessa definição, muitas empresas no mundo passaram a se considerar parte do mercado de FM. Isso fez com que, segundo o IIFM (2004) o campo de ação se tornasse complexo, uma vez que, a área de atuação é universal e o potencial do mercado é grande.

4. CAUSAS DA CRIAÇÃO DO *FACILITY MANAGEMENT*

O desenvolvimento do FM no Brasil, assim como na Europa, tem vários paralelos que se podem destacar. Estudos e pesquisas na ciência imobiliária, como da *Helbling Management Consulting GmbH* (2000) mostram que os custos operacionais e de manutenção totalizam 85% dos custos totais de um imóvel, observando-se os custos da vida do imóvel. Dessa forma, apenas

15% dos custos acontecem durante a fase de planejamento e construção. Contudo, os custos operacionais e de manutenção ultrapassam os de construção, em média, após 7 anos.

4.1 Causas empresariais

Observando esta relação de custos, o *Facility Management* oferece a possibilidade de diminuir os custos imobiliários pelo seu uso, que por sua vez, oferece para muitas empresas a chance de abrir novos investimentos. Em primeiro lugar, pode-se citar as construtoras que conseguiram ampliar os negócios com FM. Elas conseguem assim, ser um pouco mais independente do ciclo de construção civil e das tendências do mercado imobiliário. Dessa forma, as empresas de FM são responsáveis pelo planejamento, operação de baixo custo e valorização sustentável de um imóvel. Para aqueles que contrataram uma empresa de FM, há a grande vantagem de diminuir os custos operacionais e de manutenção, pela aplicação desta técnica de gestão. A melhor fase para a aplicação de FM é a de planejamento, porque nessa etapa existem as maiores chances de diminuir, significativamente, os futuros custos operacionais e de manutenção. No Brasil, como o FM está na fase inicial de popularização, havendo um desenvolvimento positivo. Os serviços de FM são efetivos para grandes edifícios e complexos de edifícios. Assim, pode-se definir o grupo de clientes de FM, como sendo: o setor imobiliário ou empresas e órgãos com grandes estoques de imóveis.

4.2 Causas científicas

As causas científicas para o desenvolvimento se explicam pelo fato que existiam, por um lado, ineficiências na prática de planejamento e de operação nos equipamentos e edifícios e, por outro, o forte crescimento dos computadores e às técnicas de *software* que abriram possibilidades de uma integração informacional, que conjuntamente buscavam conceitos de planejamento no contexto teórico e sistemático (HOFFMANN, 2004). Dessa forma, o desenvolvimento de FM é explicável de seguinte maneira.

1. Nos EUA são utilizados entre 10 e 18% das despesas diretas e indiretas, anualmente, na apuração de resultados referentes à operação e manutenção de imóveis. Isto demonstra que constantemente cresce a importância dos terrenos e imóveis. Um outro número impressionante é que entre 20 e 50% dos ativos é fixado em investimentos de terrenos e

edifícios. Para Gondring e Wagner (2011), apenas 33% das empresas tem um sistema de informação, ou seja, 67% delas, atualmente, não dispõem de dados sobre os terrenos, imóveis e equipamentos. Assim, a maioria das empresas tem uma desvantagem informacional que significa desvantagem competitiva, pelo fato que precisam administrar os seus ativos, de forma eficiente para gerar uma taxa alta de retorno sobre o capital investido. Especialmente pelo fato de que os valores em imóveis no balanço da empresas dependem do setor de atuação, podem estar entre 10 e 50% e os imóveis também geram um resultado para a empresa. Considerando esses fatos, é compreensível a preocupação das empresas com os próprios imóveis.

2. Como já mencionado, os equipamentos são, para muitas empresas, um recurso estratégico para a conservação e aumento da competição. Imóveis têm hoje, geralmente, uma vida de mais de 100 anos. Durante esse tempo, eles participam de vários ciclos de mercado imobiliário. Pela mudança de ocupação e desocupação, modificando assim, os usuários e suas necessidades, então, os imóveis necessitam de reformas. Cada qual, em função dos anos de vida, medido em função da taxa de mudança, como por exemplo, no ramo de produção e eletrônica, as reformas e reestruturações acontecem a cada 8 meses.
3. Outra causa para a crescente significância de FM é o aumento dos custos de terrenos e a construção e exploração de imóveis. Os altos custos de operação deixam as empresas com problemas financeiros. Especialmente, quando precisam de mais espaço assim, para construir novos imóveis, pode ser importante contratar um profissional de FM, principalmente, diante das exigências das novas leis ambientais, que fortalecem a utilização de FM.
4. Outro fator é o forte crescimento do processamento de dados e tecnologia de informação nos últimos anos, que ofereceram a possibilidade de avaliar e administrar os dados e recursos de equipamentos. Antigamente, isso era realizado com grandes computadores, hoje, por qualquer pequeno computador ou *laptop* (NÄVY, 2006).

5. FORMAÇÃO NO *FACILITY MANAGMENT*

É crescente a demanda por profissionais de FM. No entanto, infelizmente, ainda não existe um curso de graduação reconhecido no Brasil. Contudo, há a formação em nível de pós-graduação, como o MBA de Gerenciamento de Facilidades da Universidade de São Paulo

(2010), que tenta atender a esta carência por profissionalização. Mas para conhecer o que o mercado necessita, é necessário observar a função do profissional de FM. Nesse sentido, o enfoque principal da área consiste na observação do ciclo de vida do imóvel, que se inicia com o desenvolvimento do projeto e termina com a sua destruição, após o final da exploração, e com o objetivo de otimizar as cadeias de produção.

Os custos de exploração podem ser mais facilmente influenciados na fase do planejamento, uma vez que, na fase de utilização, somente é possível em pequenas proporções ou com grandes gastos adicionais, pois implica na perda de parte dos valores iniciais do investimento e na necessidade de novos investimentos. Com apoio do FM, pode-se analisar e otimizar todos os custos relevantes aos processos e aos serviços, que não fazem parte dos produtos. Sendo assim, um curso de FM deve considerar estes conceitos práticos e, ao mesmo tempo, as teorias para apoiar a aprendizagem. Um *Facility Manager* deve ter as habilidades e capacidades no campo operativo da gestão de serviços e consultoria. Portanto, entende-se o FM como um método que se preocupa com a gestão de minimização de custos de serviços na fase de operação sob a utilização de efeitos de sinergia e sob a ampliação, na fase de projeto de equipamentos e infra-estrutura.

Dentre os objetivos do FM, está o de buscar novas soluções inteligentes, que consideram a divisão de trabalho e a qualificação estratégica, como no caso da terceirização. Além disso, nos últimos anos, percebe-se a tendência de maior generalização e menor especialização. Isso é visível pelo fato que não é suficiente otimizar algumas partes dos processos, o que exigiria observar todos os processos que devem ser otimizados, simultaneamente, para gerar um resultado ótimo (PALADINI, 2009). Para tanto, necessita-se um amplo conhecimento de todas as áreas de negócio. Para criar um generalista, é necessário um gestor com personalidade além da competência em métodos e de lidar com funcionários. Um *Facility Manager* precisa ter a característica de previsão com a habilidade de procurar constantes melhoramentos, necessitando trabalhar, de forma eficiente, com os funcionários e equipamentos, para não prejudicar o resultado (NÄVY, 2006).

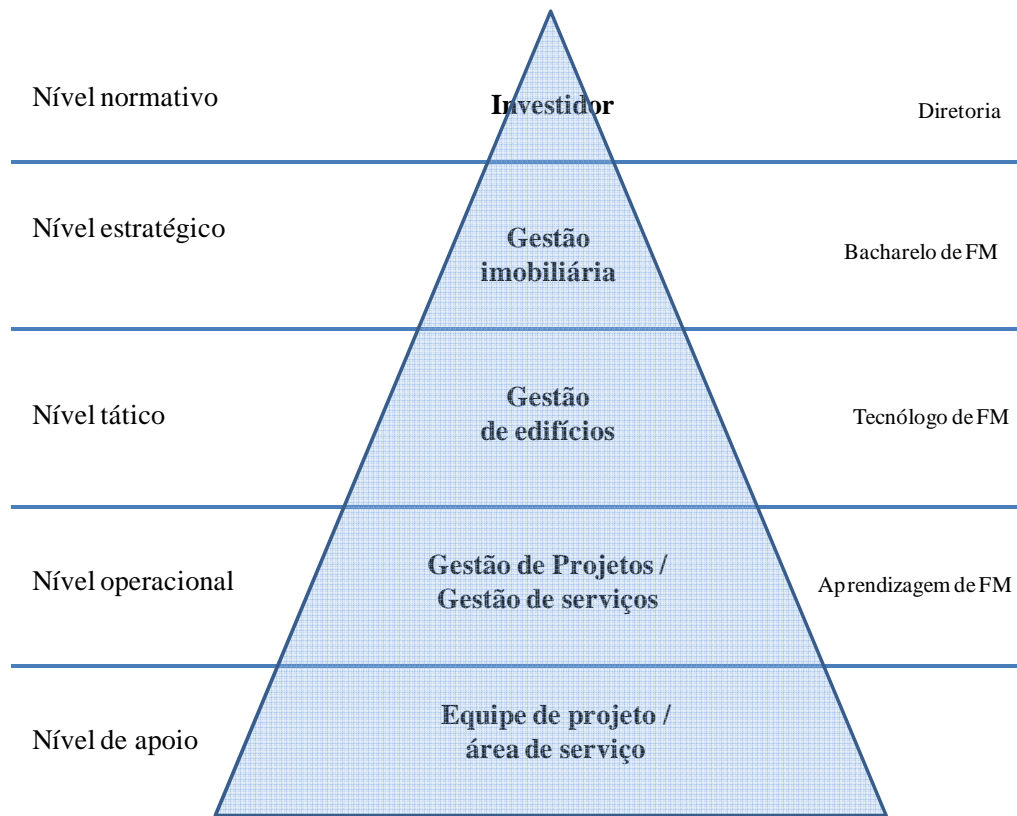


Figura 1: Profissionalização no FM. Fonte: Gondring e Wagner (2011, p. 8)

A GEFMA criou uma pirâmide de profissionalização no FM, segundo a Figura 1, que demonstra que uma pessoa com um conhecimento mais amplo e profundo, consegue chegar às hierarquias mais altas. Mesmo assim, o governo brasileiro e seus órgãos responsáveis estrategicamente pelo ensino superior precisam entender a importância de um profissional de FM e, assim, tomar medidas para apoiar o desenvolvimento desta profissão no Brasil, com cursos de tecnólogo, bacharelado, dentre outras formações possíveis. Países como EUA e Alemanha oferecem estes cursos superiores em larga escala. Exemplo dessa ampla oferta são: a Belford University (2010), nos EUA e a Technische Universität Kaiserslautern, na Alemanha (2010). Essas ofertas contribuem com o mercado de trabalho, pois fornecem profissionais preparados para o aumento de competitividade das empresas.

6. COMPARAÇÃO INTERNACIONAL DE FM

6.1 Alemanha

Na Alemanha, o foco é na tecnologia de edifícios, desde o início do surgimento do FM as empresas de construção civil e da automação e tecnologia de edifícios têm direcionado seus esforços para melhorar esta técnica de gestão. Em um primeiro momento, o foco era atacar a crise deste setor produtivo, o envolvimento no FM foi à solução para compensar a diminuição dos volumes de vendas da construção civil. Em um segundo estágio, o foco foi o de dinamizar e desenvolver tecnologias para produtos e serviços das empresas alemãs, visando à aculturação do *FM*. Vale destacar, que a rentabilidade dos imóveis naquele país nunca foi alta. Mesmo com a utilização de automação e tecnologia de edifícios não se compara à rentabilidade dos EUA. As causas principais são: a utilização inadequada dos imóveis pelos usuários e a utilização de empresas não qualificadas, no processo de manutenção, construção e reforma dos prédios. (SCHNEIDER, 2004).

Pode-se afirmar que, o FM foi visto por muito tempo como uma tarefa, exclusivamente operacional, tendo sido abordado tardiamente do ponto de vista estratégico. A consequência foi que as empresas alemãs não se preocuparam com os seus imóveis, por não conseguirem perceber o FM como um instrumento para o melhoramento do resultado empresarial (WEISE, SCHULTZ e TRIERWEILLER, 2008). Além disso, o sistema contábil alemão não consegue oferecer transparência de serviços e custos para facilitar o processo de melhoramento.

O atraso de abordar o FM como ciência ou como formação profissional na esfera de ensino superior são fatores que favoreceram a lentidão de FM na Alemanha se comparado com os EUA. No entanto, a Alemanha está em um patamar acima do brasileiro, como se pode perceber nas ilustrações abaixo.

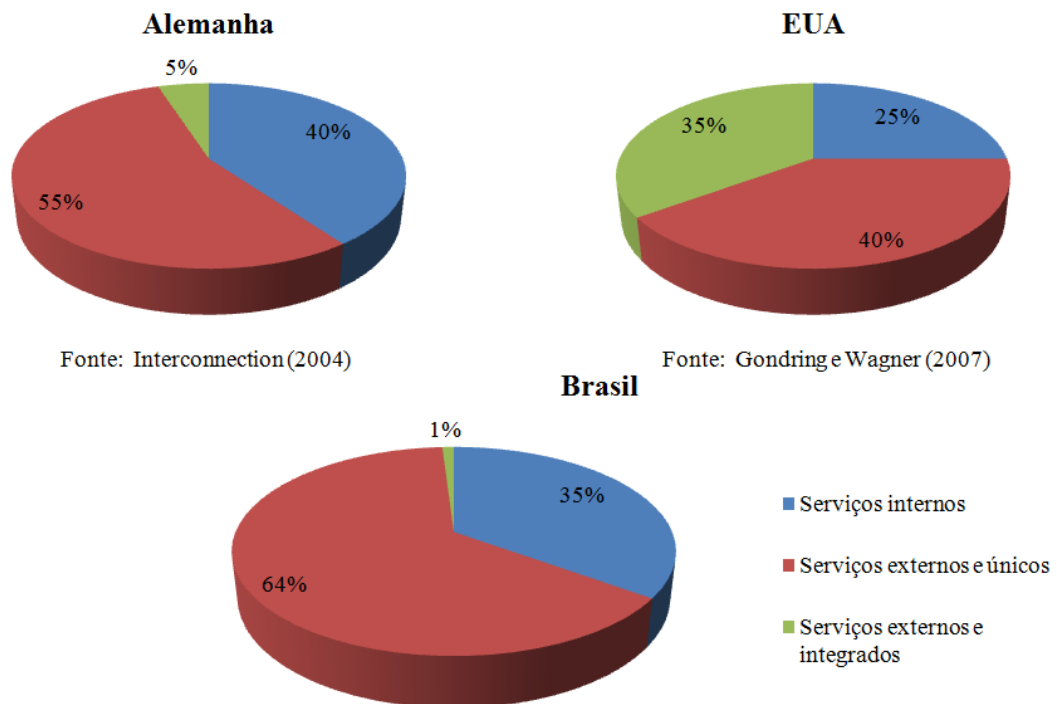


Figura 2: Serviços do FM na Alemanha, Brasil e EUA

A distribuição de serviços de FM em internos, externos e únicos, e externos e integrados demonstra as diferenças entre os três países (Figura 2). O mercado de FM americano tem uma alta taxa de serviços externos e integrados, como limpeza, *catering*, de 25%. Essa taxa demonstra como os EUA estão na ponta do desenvolvimento da área, em relação à Alemanha e ao Brasil. Na Alemanha, a terceirização ainda é insipiente, prejudicando os serviços de *FM* devido à alta desconfiança, que os prestadores possam diminuir os custos, especialmente, para prestadores de serviços únicos de *FM* (BRAUN; OSTERLE; HALLER, 1998). As ofertas completas de serviços de *FM* são cada vez mais aceitas com o passar do tempo (HELBLING MANAGEMENT CONSULTING, 2000). Schulte e Pierschke (2000) explicaram que a Alemanha tem muitas empresas rústicas, que muitas vezes, não conseguem oferecer serviços integrados.

6.2 Brasil

No Brasil, o conceito de serviços de *FM*, somente foi introduzido por volta do ano 2000, consolidando-se com a criação da Abrafac, em 2004, que, atualmente, conta com mais de 240 empresas associadas. O mercado imobiliário brasileiro é considerado pouco desenvolvido e os

estudos existentes não permitem muitas informações diretas sobre o segmento de FM. Weise *et al* (2009, p. 9) estimaram “de forma conservadora, que o volume total do mercado de FM é de aproximadamente R\$ 100 bilhões/ano, com grandes chances de ser ainda maior.” Assim, o mercado brasileiro é menor do que o mercado britânico e alemão, com aproximadamente 55 bilhões/ano de euros (INTERCONNECTION, 2004) e muito menor do que o mercado americano.

De certo modo, pode-se afirmar que, no Brasil, os serviços de FM foram afetados positivamente por meio da busca pela racionalização e otimização de gastos e pela melhoria de resultados. Entretanto, há ainda muito potencial que não é utilizado, sendo que o FM se limita quase que exclusivamente ao Estado de São Paulo e a algumas grandes capitais do país. Ainda, no campo de formação profissional, há oportunidades de crescimento do mercado de FM (cerca de R\$ 100 bilhões/ano) bem como os serviços externos e integrados (atualmente 1%) podem crescer, chegando a mais ou menos logo ao nível da Alemanha (5%). No entanto, para chegar ao nível dos EUA, é necessário um alto investimento no lado científico-acadêmico e na sua aplicação prática. Já, o uso de serviços externos e únicos demonstra a maior porcentagem com 64% (Figura 2), sendo que parte será transformado em serviço externo e integrado futuramente.

Como na Grã-Bretanha, a utilização de cooperações públicas privadas (*Public Private Partnership – PPP*) pode fornecer uma força no FM, mas ainda precisa de profissionais especializados, que atualmente, provém majoritariamente, da Engenharia, e em especial, da Engenharia Civil.

6.3 Estados Unidos da América

Primeiramente, a importância do FM foi compreendida nos EUA como a área de *Facilities Management*. Isso ocorreu há 30 anos atrás. Esse país, concebe a área como um instrumento estratégico para aumentar a satisfação dos clientes e a redução de custos, um serviço com o objetivo de conceder satisfação aos usuários e proprietários de imóveis. Ao usuário é oferecida à disponibilidade de áreas e equipamentos técnicos bem como serviços amplos e especiais (SCHNEIDER, 2004). Demonstrando assim, a compreensão do *Facility Management*, ao contrário da Alemanha, mais orientada à organização do trabalho e a gestão das áreas.

Nos EUA e Brasil, as tecnologias de edifícios, é menos complexa, ao contrário da Alemanha. Nos EUA, é utilizada uma tecnologia simples e padronizada, por isso, nesse país o

foco é a satisfação do cliente e a rentabilidade do empreendimento imobiliário e não, apenas a tecnologia do edifício. Uma vantagem dos EUA no desenvolvimento do FM é o ambiente legislativo, que permite mais fácil mudanças de funcionários (contratação e demissão). Segundo Schneider (2004) isso oferece a possibilidade de eliminar de maneira mais rápida e eficiente os pontos fracos, e, assim encontrar e e implementar soluções sucessivas.

6.4 Grã-Bretanha

A Grã-Bretanha e EUA têm uma conexão mais forte, naturalmente, por terem o idioma em comum. Dessa forma, o *Facility Management* na Grã-Bretanha apresenta um desenvolvimento semelhante ao dos EUA. Contudo, uma diferença em relação aos EUA é a forte terceirização de serviços pelos governos municipais, pelas *PPP's* e pela iniciativa privada de finanças (*Private Finance Initiative*). Assim, os projetos de construção inclusive, o financiamento, planejamento, construção e operação serão fixados por um contrato de 20 anos.

Como fator de avaliação de FM na Grã-Bretanha é utilizado o *Benchmarking*, que tem uma importância maior, se comparado aos outros países analisados. Mas pelo fato de ser membro da União Europeia, a Grã-Bretanha nacionalizou e recebeu muitas normas e leis européias, fazendo com que as condições gerais não tenham as mesmas vantagens em relação aos EUA. No entanto, a condição da Grã-Bretanha é melhor em relação à realidade alemã e brasileira.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O surgimento do *Facility Management* aconteceu nos anos 1950. Em 1982, foi criada a *National Facility Management Association – NFMA*, que dois anos depois, foi renomeada para *International Facility Management Association*. A partir desta data, a IFMA e as associações cresceram relativamente rápido. Atualmente, a IFMA tem organizações interligadas em 16 países com mais de 19.000 membros. A Associação Brasileira de *Facilities* (Abrafac) foi criada apenas em 2004, e conta hoje com mais de 240 membros.

As causas para o desenvolvimento do FM foram a diminuição de custos de operação e de manutenção, bem como a otimização de áreas para aumentar a rentabilidade do investimento imobiliário e a satisfação dos usuários e proprietários. Já, cientificamente pode-se apontar a

melhoria da transparência dos custos imobiliários, a utilização de tecnologia e automação, que facilitaram o sucesso do FM em muitos países, como Alemanha, Brasil, Grã-Bretanha e EUA.

Dentre esses países, existe grande diferença na utilização do FM, sendo que no Brasil ainda não há um bacharelado em *Facility Management*, porém, há um MBA em Gerenciamento de Facilidades, oferecido pela USP. Nesse sentido, para a profissionalização desse serviço e para apoiar o crescimento do mercado de FM, faz-se necessário aumentar o número de profissionais de FM.

A distribuição de serviços de FM em interno, externo e único, e externo e integrado, demonstra a grande diferença entre Brasil e os outros países, sendo que, o Brasil conta apenas 1% em relação aos 5% da Alemanha e aos 25% dos EUA. Entretanto, o volume do mercado brasileiro, é estimado atualmente, por cerca de R\$ 100 bilhões/ano, apontando crescimento, o que indica a ampliação do uso do FM, além de São Paulo e das grandes Capitais dos Estados. Mas para isso aconteça, é necessário formar profissionais especializados em FM e não apenas, contar com profissionais que migram de outras áreas, como as engenharias.

Enfim, o Brasil está ainda no início de uma história de grandes possibilidades que a ferramenta de *Facility Management* pode fornecer.

8. REFERÊNCIAS

AMELUNG, V. E. *Baukosten besser einschätzen*. In: Immobilien Manager. n.4, 1996. p.14 – 16.

BELFORD UNIVERSITY. *Bachelor's Degree Online Program*. Disponível em: <<http://www.belforduniversity.org/university/BachelorsProgram.asp?mcid=2>>. Acesso em: 26/10/2010.

BRAUN, H.-P., HALLER, P.; OESTERLE, E. *Facility Management: Erfolg in der Immobilienbewirtschaftung*. 4a ed. Berlin Heidelberg: Springer Verlag. 2003.

BURR, W. *Markt- und Unternehmensstrukturen bei technischen Dienstleistern*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag/GWV Fachverlage GmbH, 2003.

CUSHMAN & WALKFLIED SEMCO. *Real Estate Monitor*. No. 8. Março 2006. Disponível em: <<http://www.cushwake.com.br/download/publicacoes/rem8.pdf>>. Acesso em: 03/07/2008.

GONDRING, H.; WAGNER, T. *Facility Management: Handbuch für Studium und Praxis*. 2a ed. Munique: Vahlen, 2011.



HELBLING MANAGEMENT CONSULTING GMBH. *Facility Management in Deutschland Status und Perspektiven: Marktstruktur 2000*. München: Helbling Management Consulting GmbH, 2000.

HOFFMANN, F. *Ablauforganization*. In: Frese, E.; WERDER, A. von. *Handwörterbuch der Organization*. 4. ed. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2004.

IIFM – INTERNATIONALES INSTITUT FÜR FACILITY MANAGEMENT. *FM-Markt wird zunehmend komplexer*. in: *Facility Management*. 2004, v.3. n. 17, p.5. 18/08/2004.

IFMA - INTERNATIONAL FACILITY MANAGENMENT ASSOCIATION. *The IFMA Report # 1*. Ann Arbor, MI: IFMA, 1984.

What ist the International Facility Management Association? Disponível em: http://www.ifma.org/about_ifma/index.cfm. Acesso em. 26/10/2010.

INTERCONNECTION CONSULTING GROUP. *Studie: FM-Marktvolumen wächst bis 2005 in Deutschland auf 56,6 Mrd €*. In: *Facility Management*. ano.3. n.3, 2004, p. 1–2.

KAHLEN, H. *Facility Management: Entstehung Konzeptionen Perspektiven*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projetos e relatório, publicações e trabalhos científicos*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LOCHMANN, H.-D.; KÖLLGEN, R. *Facility Management. Strategisches Immobilienmanagement in der Praxis*. Wiesbaden: Gabler, 1998.

MATTAR, F. N. *Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento*. São Paulo, Atlas, 2005.

MAY, A.; ESCHENBAUM, F.; BREITENSTEIN, O. *Projektentwicklung im CRE-Management: Leitfaden zur Abschöpfung von Wertsteigerungs- und Kostensenkungspotentialen im Flächenmanagement*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1998.

NÄVY, J. *Facility Management: Grundlagen, Computerunterstützung, Einführungsstrategie, Praxisbeispiele*. 4a ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2006.

PALADINI, E. P. *GESTÃO ESTRATÉGICA DA QUALIDADE*. Princípios, métodos e processos. 2. ed. Revista e atualizada: A qualidade lições da crise. São Paulo: Atlas, 2009.

QUINELLO, R.; NICOLETTI, R. J. *Gestão de facilidades: Aprenda como a integração das*

atividades de infra-estrutura operacional de sua empresa pode criar vantagem competitiva. São Paulo: Novatec Editora. 2006.

SCARDIGLI, M. T.; KOLB, D. *Global fm welcomes new member abrafac.* Disponível em: <<http://www.fmportal.hu/portal/images/stories/HFMS/GlobalFM/Global%20FM%20-%20ABRAFAC%20Press%20Release.pdf>>. Acesso em: 03/10/2010.

HERMANN, S. *Facility Management planen, einführen, nutzen.* 2. ed. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2004.

SCHULTE, K.-W.; PIERSCHKE, B. *Begriff und Inhalt des Facilities Managements.* In: SCHULTE, K.-W.; PIERSCHKE, B. : *Facilities Management*, Köln, Immobilien Informationsverlag Rudolf Müller GmbH, 2000, p. 31-40.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertações.* Florianópolis. Laboratório de Ensino a Distancia da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 2001.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN. *Architektur, Raum- und Umweltplanung, Bauingenieurwesen/Bachelor/Facility Management.* Disponível em: <<http://www.kis.uni-kl.de/campus/all/eventlist.asp?mode=field&gguid=0x0B0B9B55D1C80C4CABCD59EDC77872DF&tguid=0xBE4634AD1059C24CA2676761D717F01E>> . Acesso em: 26/10/2010.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *MBA.* Disponível em: <http://extensao.pcc.usp.br/latosensu.htm#ESP>>. Acesso em: 27/10/2010.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração.* 9. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WEISE, A. D.; SCHULTZ, C. A.; TRIERWEILLER, A. C. *CUSTOS IMOBILIÁRIOS: A APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DO CUSTO DE CICLO DE VIDA.* Anais...2º Congresso UFSC de Controladoria e Finanças & Iniciação Científica em Contabilidade, 2008.

WEISE, A.D.; SCHULTZ, C.A.; TRIERWEILLER, A. C. ROCHA, R. A. da *A estratégia, o mercado e as dificuldades do Facility Management no Brasil perspectivas.* Revista INGEPRO. , v.1, 2009. p.016 – 026.

RESÍDUOS LABORATORIAIS – RECICLAGEM DE FRASCOS DE VIDRO VAZIOS DE REAGENTES/SOLVENTES

Priscila Nogueira de Paula

Centro Universitário Padre Anchieta

Juliana Rink

Centro Universitário Padre Anchieta

julianar@anchieta.br

RESUMO

Os laboratórios são parte importante dos estabelecimentos de Ensino, Institutos de Pesquisa, Indústrias, entre outros. Sabendo que as análises/pesquisas geram diversos tipos de resíduos, daremos enfoque à embalagem vazia do produto utilizado, principalmente aos frascos de vidro, que representam maior parte destas embalagens. O vidro é um material 100% reciclável e atualmente tem sido enviado para descarte ou incineração. O trabalho mostra alternativas mais sustentáveis para isso e destaca parcerias entre setor público, privado e terceiro setor, onde resultados positivos podem ser alcançados tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente e as empresas/indústrias.

Palavras-chave: reciclagem/reutilização do vidro, frascos de reagentes, incineração de resíduo laboratoriais

ABSTRACT

Labs are an important part of education establishments, research institutes, industries, among others. Analysis and research activities generates various types of waste, and we will focus this paper on the empty packaging product used mainly for glass bottles, which represent most of these packages. Glass is a 100% recyclable material and has now been sent to disposal or incineration. The study shows that for more sustainable alternatives and highlights partnerships between the public, private and third sector, where positive results can be achieved both for society and for the environment and businesses/industries.

Keywords: recycling/reuse of glass bottles of reagents, incineration of laboratory residue.

1-Introdução

Pode-se afirmar que os laboratórios são uma das partes mais importantes dos estabelecimentos de ensino, institutos de pesquisa e indústrias (Manual de Segurança, Instituto de Química-USP – 2004). Os resíduos gerados nesses locais, em sua grande parte, são classificados como “Resíduos potencialmente perigosos” pela NBR 10.004:2004, enquadrados como Classe I – para resíduos potencialmente perigosos, incluindo os resíduos químicos. Segundo essa Norma, podem apresentar diferentes graus de toxicidade, reatividade, corrosividade, inflamabilidade, explosividade, radiatividade, patogenicidade, entre outras características que podem colocar em risco a saúde humana e o meio ambiente

Laboratórios que trabalham com produtos químicos devem utilizar de ferramentas como “Plano de Gerenciamento de Resíduos”, “Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos – PGRQ”, “Programa de Gestão de Resíduos Perigosos”. Diferente da não geração ou geração zero de resíduo, o conceito principal destes programas é o de gerenciar os resíduos, ou seja, o programa deve promover a política de redução na quantidade e a responsabilidade na geração do resíduo, sendo o gerador o responsável pela sua destinação final (CUNHA, 2001).

Tratando-se de resíduos Químicos, o mais indicado é a implementação de um PGRQ, que hoje pode ser feito com a ajuda de materiais disponíveis em muitas Universidades - como é o caso da Cartilha do Laboratório de Química Ambiental do IQ-UNICAMP (JARDIM, s/d), disponibilizada gratuitamente na internet.

Os laboratórios analíticos são de fundamental importância, pois, atualmente, contribuem de maneira significativa pela busca da qualidade de vida, tratando temas como saúde, segurança e meio ambiente. Alguns exemplos das diversas áreas trabalhadas: qualidade e monitoramento ambiental (água, solo, sedimentos, ar, resíduos); análises forenses (envenenamento, drogas onde há investigações policiais); controle de qualidade (análises físico-químicas, padrões de qualidade nacionais e internacionais para produtos finais e produtos industrializados), entre outros.

Sabe-se que há geração dos mais diversos tipos de resíduos dentro do laboratório. Neste trabalho, o enfoque não será dado aos resíduos químicos gerados, mas sim a um resíduo específico que é a embalagem vazia do produto químico que já foi utilizado, e o destino final que é dado para este tipo de material. Dentre os diversos

tipos, será dado destaque aos frascos de vidro, que representam grande parte das embalagens de produtos químicos, é um material 100% reciclável, e atualmente tem sido enviado para descarte ou incineração por um grande número de empresas/laboratórios, sem qualquer tipo de aproveitamento do material (reciclagem ou reutilização).

As novas tecnologias que vieram junto ao processo de globalização estão voltadas ao desenvolvimento sustentável, onde os materiais retirados do meio ambiente devem ser completamente aproveitados sempre que possível, considerando também a geração mínima de resíduos e sua utilização. Nesse sentido, este trabalho buscará propor possíveis alternativas sustentáveis, abrangendo a parte ambiental, social e econômica, para a reutilização/reciclagem de frascos de vidro vazios de reagentes/solventes.

Acredita-se que a quantidade de frascos de vidros descartados/incinerados seja grande, pois hoje são muitos os laboratórios analíticos existentes, e se sabe que grande parte destes laboratórios trabalha com os mais variados tipos de reagentes químicos em seus testes/análises, onde conseqüentemente, após seu uso, haverá a geração do resíduo em questão.

Ressalta-se que todo frasco de reagente químico após o uso do conteúdo é classificado como Resíduo Classe I, pois está contaminado, independente da embalagem ser de vidro ou de plástico. Como o vidro é inerte, após a lavagem ele é descontaminado e passa a ser um resíduo “comum”, vidro, que pode ser reutilizado ou reciclado.

Com a execução deste trabalho, pretende-se verificar e propor alternativas para que os frascos tenham outro destino, que sejam reutilizados/reaproveitados ou reciclados, ao invés de serem encaminhados para incineração, sem qualquer aproveitamento de sua matéria-prima.

2-Procedimentos Metodológicos

O trabalho foi realizado em três etapas: a primeira constituiu-se de levantamento bibliográfico -artigos científicos publicados sobre o assunto e pesquisas em sitios na internet. Já a segunda etapa compreendeu a elaboração e aplicação de questionário para algumas empresas de diversos setores (questionário com três perguntas simples sobre a geração e destinação dos resíduos no laboratório). Um questionário com

perguntas sobre o destino, quantidade média gerada e material de descarte predominante (plástico ou vidro) foi elaborado e enviado à 23 empresas. Ao todo, foram 23 pedidos, sendo que apenas 10 empresas responderam e, portanto, participaram da análise deste artigo. Todas as empresas foram contatadas via e-mail, a participação foi voluntária e as mesmas tiveram um mês para responder o questionário.

Por fim, a terceira etapa contou com a análise dos dados, a partir da tabulação dos mesmos. Com isso, foram confeccionados tabelas e gráficos, que possibilitaram a interpretação dos dados, apresentadas a seguir.

3-Apresentação e discussão dos dados

Nos laboratórios, são realizadas as mais diversas análises/técnicas e utilizados uma gama grande dos mais variados reagentes químicos, entre sais, ácidos, álcalis (bases) e solventes.

Quando falamos de laboratórios analíticos que trabalham com Cromatografia Líquida de Alta Desempenho (HPLC – High Performance Liquid Chromatography) os principais reagentes utilizados são os solventes, como exemplo a Acetonitrila e o Metanol, que hoje são os dois reagentes químicos com maior volume de vendas para análise por HPLC. (Hexis Científica, data s/d), conseqüentemente com um grande volume de consumo e geração de resíduo.

A Cromatografia é uma técnica analítica utilizada frequentemente para separar, isolar, purificar, identificar e quantificar os componentes e misturas de amostras que muitas vezes são bastante complexas. O objetivo desta técnica de análise é fazer uma separação dos diversos constituintes de uma mistura de substâncias (uma amostra), para identificar, quantificar ou obter a substância pura para os mais diversos fins. Tal separação é realizada através da migração da amostra através de uma fase estacionária (coluna cromatográfica) por intermédio de um fluido (fase móvel - solvente). Após a introdução da amostra no sistema cromatográfico, um solvente é bombeado com vazão constante e desloca os componentes, que se distribuem entre as duas fases, móvel e estacionária, de acordo com suas afinidades químicas. Ao sair da coluna os componentes passam por um detector, que emite um sinal elétrico, que é registrado, formando um cromatograma (registro gráfico da análise). Essa técnica é amplamente utilizada nos diversos setores: indústrias químicas, farmacêuticas, alimentícias,

refinarias, petroquímicas, laboratórios de análises clínicas, ambiental, forense entre outras (CRQ, 2010).

Pensando na aplicação desta técnica em diferentes empresas dos diversos setores, foi elaborado um questionário simples, com três questões, abordando tópicos sobre a geração e destinação final do resíduo do laboratório, que posteriormente foi aplicado em empresas do ramo Farmacêutico, Químico, Automobilístico, Prestadores de Serviço, Siderúrgico e Alimentício.

Através da análise dos dados obtidos com as respostas ao questionário, verificamos que atualmente as embalagens dos produtos químicos, em grande parte das empresas consultadas, são enviadas para incineração ao invés de serem reaproveitadas ou recicladas. Essas informações podem ser visualizadas a partir da tabela a seguir.

Tabela 1 – Destino final dado as embalagens de produtos químicos das empresas que responderam ao questionário

| Empresa | Incineração | Reciclagem | Reaproveitamento |
|----------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Empresa 1 | | X | |
| Empresa 2 | | X | |
| Empresa 3 | X | | |
| Empresa 4 | X | | |
| Empresa 5 | X | | |
| Empresa 6 | X | | |
| Empresa 7 | X | | |
| Empresa 8 | | X | X |
| Empresa 9 | X | | |
| Empresa 10 | X | | |

É importante ressaltar que dentre as empresas consultadas encontram-se desde geração mensal pequena deste tipo de resíduo (como, por exemplo, 16 kg) até as que produzem mais de 500 kg. Ao se considerar a geração mensal das sete empresas que declaram incinerar o material, a somatória é de 967 kg, contra 580 kg das três empresas que reciclam e/ou reutilizam estes frascos de vidro.

Frascos, após o uso do produto químico, entram na classificação de Resíduos Perigosos Classe I, segundo ABNT NBR 10.004:2004, já que podem apresentar graus

de toxicidade, reatividade, corrosividade, inflamabilidade, explosividade, entre outros. Contudo, por se tratar de embalagens de vidro, tais frascos, após passarem por uma descontaminação e limpeza – uma tríplice lavagem com água ou solvente adequado – podem ser destinados à reciclagem ou retornarem aos laboratórios, armazenando produtos e/ou resíduos novamente, conforme dados da Unidade de Gestão de Resíduos do Instituto de Química da UFSCar (UFSCar, 2002).

A reciclagem, apontada por muitos como a solução mais adequada para a destinação final dos resíduos sólidos, foi indicada por apenas três das empresas que responderam a pesquisa. Para Gomes (2002), a reciclagem permite o reaproveitamento dos resíduos como matéria-prima, reincorporando-os ao processo produtivo e reduzindo seu impacto ambiental. Na atividade de reciclagem, é possível elencar alguns processos tais como: coleta, triagem, transporte e reprocessamento do material reciclado, e seus benefícios como custos evitados com outras maneiras de disposição/destinação e possível receita com a venda do material reciclado.

Hoje, há empresas e ONGs que trabalham com reciclagem deste material, como se pode verificar ao longo do estudo (dentro do Estado de São Paulo): ECOL Vidro Reciclagem, localizada em Campinas-SP; Cooperativa Aliança em Sumaré-SP; Cooperação Reciclagem em São Paulo capital; Cooperativa Lar Jesus entre as Crianças em Osasco-SP; Associação Aril em Limeira-SP, são alguns exemplos.

Existem ainda as chamadas “Bolsas de Resíduos”, onde algumas Instituições, que podem ser encontradas em diversos Estados brasileiros, disponibilizam as empresas um espaço de livre negociação, aberto para a realização da divulgação e busca de informações sobre resíduos disponíveis, onde as mesmas podem doar, vender ou ainda buscar por resíduos, conciliando dessa maneira ganhos econômicos e benefícios para o meio ambiente.

No Estado de São Paulo, há dois exemplos: a Bolsa de Recicláveis de São Paulo, a FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) e a empresa “Recicláveis.com.br. Já no Rio de Janeiro, existe a empresa Tresi Ambiental e o Sistema FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro); na Bahia há a FIEB (Federação de Indústrias do Estado da Bahia); no Amazonas a FIEAM (Federação de Indústrias do Estado do Amazonas); no Paraná a FIEP (Federação de Indústrias do Estado do Paraná); também há “Bolsa de Resíduos” em Goiás e no Ceará, e ainda há o SIBR (Sistema integrado de Bolsa de Resíduos), que integra as

Bolsas de Resíduos da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco e Sergipe.

Todas estas organizações possuem o mesmo objetivo: encontrar oportunidades de reaproveitar e destinar adequadamente os resíduos das empresas e/ou encontrar matéria-prima alternativa para o processo produtivo, com a intenção de promover a livre negociação entre as indústrias/empresas, conciliando dessa maneira ganhos econômicos aos ganhos ambientais. Um exemplo de entidade que utiliza esta ferramenta é a Universidade Unigranrio (Rio de Janeiro – RJ), que o faz por meio de sua Comissão de Gerenciamento de Resíduos, promovendo a doação e/ou venda dos resíduos gerados pelos seus laboratórios de pesquisa.

Quando o material não é reciclado, é essencial que seja realizada a destinação correta do resíduo. Considerando que grande parte das empresas consultadas pelo estudo destina o material para incineração, é importante afirmar que além da “perda” de matéria-prima e do impacto ambiental também haverá gastos com este procedimento. Através da consulta a uma empresa que trabalha com destinação adequada de resíduos perigosos, obtivemos como resposta a uma solicitação de orçamento um custo de R\$ 3,50, por kg de material para o procedimento de incineração, sendo que neste valor não estão inclusos os gastos com transporte do produto, que envolveria ainda a obtenção do Cadri (Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental) - que deve ser solicitado junto a CETESB, seguindo diretrizes da Resolução CONAMA 313 de 2002.

Em contrapartida, promovendo a reciclagem deste resíduo seria possível, além de evitar custos com a disposição/destinação do resíduo, obter receita com a venda do material reciclado, de R\$0,10 a R\$0,15 por kg de vidro (dados do autor – Cooperativa Aliança), o que traria benefícios diretos ao meio ambiente, a empresa e a sociedade.

Segundo a ABIVIDRO, o processo de reciclagem tem grande destaque na indústria do vidro, pois com um quilo de vidro pode ser feito outro quilo de vidro, com perda praticamente zero (ABIVIDRO), reaproveitando o material através de um processo que não gera poluição ao meio ambiente. Essas características fazem do vidro um material singular, pois além do aproveitamento de 100% do caco, a sua reciclagem poupará as matérias primas, retiradas de nossos recursos naturais (utilização racional dos recursos naturais não renováveis).

Ainda segundo a ABIVIDRO, são vários os benefícios que pode-se obter com a reciclagem do vidro: pode ser vista como uma atividade econômica - é um nicho de mercado pouco explorado e que possui grande potencial de lucratividade – ao invés de pagar para dispor os resíduos as empresas passariam a vendê-los e gerar receita; há a geração de empregos, o que traz benefícios diretos a população; traz benefícios ao meio ambiente – a reciclagem do vidro reduz a necessidade de matéria-prima, consome menos energia e emite quantidades menores de resíduos particulados e CO₂.

Dados do CEMPRE (2007) afirmam que o Brasil produz aproximadamente 800.000 toneladas de embalagens de vidro por ano, mas somente 27,6% (220.800 toneladas) desse montante são reciclados. Desse total, 5% são gerados por engarrafadores de bebidas, 10% por sucateiros e 0,6% vindos de coletas promovidas pelas vidrarias. O restante, 12%, provém de refugos de vidro gerados nas fábricas. Dos outros 72,4%, parte é descartada, reutilizada domesticamente ou retornável. No mundo, são diversos os estudos feitos com o intuito de verificar uma possível utilização de sucata de vidro em substituição a uma porcentagem dos agregados.

Estudos mostram que é possível a aplicação do vidro reciclado em diversos usos. Uma pesquisa realizada por Reindl (2003), denominado "Reuse/recycling of glass cullet for non-container uses", traz diversas maneiras de uso para o vidro reciclado, alguns exemplos: agregado para cimento Portland, agregado para concreto asfáltico, agregados para leitos de estradas, materiais abrasivos, blocos de pavimentação, cimento a ser aplicado em encanamentos, tanques sépticos de sistemas de tratamento de esgoto, filtros, janelas, telhas etc., todas as aplicações utilizado a sucata de vidro moída e/ou em cacos (de acordo com a aplicação), que é adicionada nas porcentagens adequadas aos demais elementos.

A partir do que foi exposto até o momento, considera-se relevante também comentar sobre a questão da incineração, apontado como o método mais utilizado para a destinação por parte das empresas que participaram da pesquisa.

A incineração aparece como uma solução mais freqüente para a problemática dos resíduos sólidos, pois é um processo que reduz drasticamente o peso e o volume do lixo por meio de combustão controlada, variando entre 800 e 1200°C, tendo como destino o aterro sanitário. No entanto, nenhum processo de incineração é 100% eficaz, sendo este responsável pela emissão de vários poluentes tóxicos, que causam problemas ao meio ambiente e a saúde humana, como metais pesados (chumbo,

cádmio, arsênio, mercúrio e cromo – que não são destruídos durante a queima), produtos de combustão incompleta, novas substâncias químicas como as dioxinas e os furanos (altamente tóxicos); além disso, a incineração gera cinzas altamente tóxicas e a destinação final destas é problemática e custosa (USA, 2003).

Dentre os poluentes associados aos incineradores – Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) - as dioxinas estão entre os mais preocupantes, pois causam diversos problemas para saúde, além de serem compostos bio-acumulativos. A Agência Internacional de Pesquisas do Câncer (IARC), em 1997, classificou este composto tóxico como cancerígeno para os seres humanos. Devemos ressaltar ainda que, uma vez emitidos no meio ambiente, os POPs são transportados pelo ar, água e espécies migratórias através das fronteiras internacionais, podem viajar longas distâncias, e serem depositados distantes do local de sua emissão, onde se acumularão nos ecossistemas terrestres e aquáticos, o que pode tornar-se uma contaminação a nível global (Resolução CONAMA 316 de 2002).

Segundo a campanha sobre “Substâncias Tóxicas”, realizada pelo Greenpeace em julho de 2003, pesquisas acadêmicas, levantamentos comunitários e técnicos associam os impactos da incineração com o aumento nas taxas de câncer, doenças respiratórias, anomalias reprodutivas, danos neurológicos e a outros efeitos sobre a saúde, para os casos de exposições aos diversos poluentes liberados por incineradores.

No Brasil, a Resolução CONAMA 316 de 2002 dispõe sobre os procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, dentro destes o processo de incineração e seus limites de emissão, e a ABNT NBR 11.175 dá diretrizes aos padrões de desempenho para a incineração de resíduos perigosos.

Em 2001, o Brasil assinou o tratado da Organização das Nações Unidas (ONU), da Conferência de Estocolmo, que trata sobre o combate aos POPs, onde aponta o processo de incineração de resíduos como uma das principais fontes geradoras das dioxinas. Neste tratado, recomenda-se que o uso desta técnica seja progressivamente eliminado. No Japão, há uma grande resistência pública contra a incineração, devido a este processo não ser passível de um devido controle. Na Europa, há a mesma resistência, o mercado para novos incineradores é bem restrito (dados do “Relatório elaborado pela Aliança Global para Alternativas às incineradoras” – USA 2003).

Outra questão relacionada à incineração é que este processo, quando relacionamos as práticas alternativas como a reciclagem, cria menos empregos por

tonelada de resíduo e substituem os trabalhos informais, gerados pelas cooperativas de reciclagem.

4-Considerações finais

Existem diversas dificuldades encontradas no gerenciamento de resíduos gerados. porém, devem-se levar em consideração os benefícios trazidos por este trabalho, que são relevantes desde o nível educacional e científico, até os níveis social, ambiental e econômico. No entanto, as novas tecnologias nos direcionam ao desenvolvimento de maneira sustentável, onde a matéria-prima retirada do meio ambiente deve ser utilizada no desenvolvimento de um produto que, futuramente, possa ser completamente aproveitado, reciclado, considerando dessa forma a menor geração de resíduos.

Dentro do exposto, podemos inferir que é perfeitamente possível uma destinação diferente para os frascos de vidro vazios de reagentes/solventes que não a incineração. Alternativas mais sustentáveis podem ser adotadas, visando o aproveitamento da matéria-prima, principalmente com o reaproveitamento e/ou reciclagem dos mesmos, para tal há algumas foram propostas, como a utilização da “Bolsa de Resíduos”, o envio do material, através da venda ou doação, para empresas ou cooperativas que promovem a reciclagem do vidro. Com ações como esta, voltadas à sustentabilidade, as organizações podem trabalhar uma contabilidade ambiental, onde, conjuntamente a um Sistema de Gestão Ambiental será possível levar a melhorias significantes nas Demonstrações Contábeis e ainda melhorar sua imagem e de seus produtos mediante a sociedade.

Acredita-se que o desenvolvimento de parcerias entre setor público e privado, e também com organizações do terceiro setor, como, por exemplo, as cooperativas, os resultados podem ser alcançados, trazendo benefícios para a sociedade, meio ambiente e para as organizações.

6-Referências

ALBERGUINI, L. B.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. Laboratório de Resíduos Químicos do Campus USP –São Carlos – Resultados da Experiência Pioneira em Gestão e Gerenciamento de Resíduos Químicos em um Campus Universitário. Química Nova, vol. 26, n.º 2, p. 291-295, 2003.

Conceitos fundamentais de Cromatografia a líquido de Alto Desempenho (HPLC) - Minicursos CRQ-IV - São José do Rio Preto, 29 de maio de 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 20, de 18 de junho de 1986

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 238, de 22 de dezembro de 1997

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 316, de 29 de outubro de 2002

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 313, de 29 de outubro de 2002

CUNHA, C. J. O Programa de Gerenciamento dos Resíduos Laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. Química Nova, vol. 24, n.º 3, p. 424-427, 2001.

FELISBERTO, R.; VIEIRA, L.O.; COUTO, A; SCHUH, R.; ALBINO, C.T.; LIBARDI, D.B ; CUNHA, A.C.B. De resíduo a insumo: a construção do caminho para uma química mais limpa através de um projeto de ensino. Química Nova, vol. 31, n.º.1, p. 26-27, São Paulo, 2008.

FIEDLER, H.D. Qualidade em química analítica: valor ou custo? Departamento de química – UFSC, 2000. Disponível em www.qmc.ufsc.br/qmcweb/exemplar28.html, acesso em 15/05/2011

GERBASE, A.E.; COELHO, F.S.; MACHADO, P.F.L.; FERREIRA, V.F. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. Química Nova, São Paulo, vol. 28, p.3, 2005.

GILL, E.S, et al. Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, vol. 43, n.º1, jan./mar., 2007.

GILONI-LIMA, P.C.; LIMA, V.A. Gestão integrada de resíduos químicos em instituições de ensino superior. Química Nova, vol. 31, n.º 6, p. 1595-1598, 2008.

JARDIM, W.F. As indústrias químicas e a preservação ambiental. Revista de Química Industrial, n.º 692, p. 16-18, 1993.

JARDIM, W.F. Cartilha para a implementação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ). Disponível em <http://lqa.iqm.unicamp.br/pdf/Cartilha.pdf>, acesso em 30/04/2011.

JARDIM, W.F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. Química Nova, vol. 21, n.º 5, p. 671-673, 1998.

KAUFMAN, J.A. Waste Disposal in Academic Institutions. Editora Lewis, Nova Iorque, 1990.

Normas Técnicas. NBR ABNT 10.004 – Resíduos sólidos – Classificação, 2004.

NOGUEIRA, A. R. A., et al. Gerenciamento de Resíduos dos Laboratórios da Embrapa Pecuária Sudeste. In: Fórum das Universidades Públicas Paulistas. Anais de trabalhos completos. Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos para o Desenvolvimento Sustentável, n.º1, p. 220-231, São Pedro, 2003.



ROCCA, A.C., et al. Resíduos Sólidos Industriais. 2 ed. rev. ampl., São Paulo, CETESB, 1993.

TANGRI, N. A incineração de resíduos: uma tecnologia a desaparecer - Relatório elaborado pela Aliança Global para Alternativas às Incineradoras / Aliança Global anti-incineradoras (GAIA), USA, 2003.

UEM. Manual de Segurança para usuários de produtos químicos perigosos. 2006.

UFSCar. Normas de procedimentos para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos - NR 01/UGR, Universidade Federal de São Carlos - Unidade de Gestão de Resíduos., 2002. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~ugr/linkNormasSiteUGR.htm> , acesso em 30/04/2011.



CO₂ e sua contribuição para o grande desenvolvimento das indústrias de bebidas carbonatadas e suas principais aplicações nas Indústrias Brasileiras

Fábio Aparecido Pagamisse

Aluno da 1º turma de engenharia de Produção do Centro Universitário Padre Anchieta.
fpagamisse@hotmail.com

MSc. Fernanda Palladino

Professora do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Padre Anchieta
ferpalladino@terra.com.br

RESUMO

O gás carbônico é usado em diversas aplicações e nos últimos anos sua utilização tem crescido em vários segmentos da indústria brasileira, como por exemplo, na indústria farmacêutica, na indústria do metal, papel e celulose e principalmente nas empresas fabricantes de refrigerantes. Nas áreas relacionadas às indústrias alimentícias, as bebidas carbonatadas, como são conhecidos as bebidas que tem o dióxido de carbono (CO₂) na sua composição, têm conquistado um aumento expressivo de consumidores nos últimos anos e isso se deve em grande parte pela sensação refrescante que o uso desse gás propicia a bebida. Diante desse fenômeno, o presente trabalho tem o objetivo de descobrir como esse gás é injetado na bebida e em qual momento do processo produtivo ocorre a carbonatação do refrigerante e quais suas características físico-químicas para que se torne possível sua incorporação na bebida. Abordaremos também como é a preparação do xarope simples e o xarope composto, que é a etapa que precede a carbonatação e preparação da bebida, bem como os equipamentos que fazem essa mistura se transformarem em um refrigerante. Estudaremos as principais partes de um carbonatador, um equipamento que é responsável pela preparação da bebida, proporcionando em medidas definidas, as quantidades de água, xarope e CO₂ dando origem ao refrigerante e quais as etapas do processo de envase do refrigerante.

PALAVRAS – CHAVE: Dióxido de Carbono, Carbonatador, Bebidas Carbonatadas.

ABSTRACT

Carbon dioxide is used in many applications and in recent years its use has grown in several sectors of Brazilian industry, such as the pharmaceutical industry, metal industry and pulp and paper companies mainly in the soft drink manufacturers. In areas related to the food, drinks carbonated as they are known to have carbon dioxide (CO₂) in their composition, have gained a significant increase of consumers in recent years and this is due in large part by the refreshing feeling that the use of this his gas gives the drink. Given this phenomenon, this paper aims to discover how this gas is injected into the drink and at what time of the production process happens the carbonation the drink and what its physical state – chemical to make it possible the



incorporation into the drink. We will also explore how to prepare the simple syrup and compound syrup, which is preliminary fase to the preparation and carbonation of the beverage as well as the equipment forming the mixture to turn into a soda. We will study the principal parts of carbonator, a device that is responsible for preparing the drink providing measures defined in the amounts of water, syrup and CO₂ giving originating the beverage and what are the process steps of filling the refrigerant.

KEY WORDS: Carbon Dioxide, Carbonated, Carbonated Beverages.

1- INTRODUÇÃO

O surgimento do Setor de Refrigerantes no Brasil ocorreu em 1904. Nesse ano, foi fundada a primeira Indústria de Refrigerantes. Em 1905, foi fundada a segunda Indústria de refrigerantes, outras três fábricas foram criadas nos anos 1924, 1932 e 1933 todas essas empresas até hoje estão em funcionamento e caracterizam-se pela sua regionalidade. (AFREBRAS: Surgimento do setor de refrigerantes no Brasil).

O espírito empreendedor dos empresários brasileiros do setor é notável e não pode ser considerada uma característica atual, pois está datado do início do século. Mesmo com todos os entraves e dificuldades encontradas foram criados muitos sabores de refrigerantes diferenciados, que ainda hoje fazem parte do *mix* de muitos fabricantes e que muitas vezes foram formulados e elaborados de forma artesanal e são ainda segredo familiar.

As linhas de produção eram muitíssimo limitadas, em muitos casos não passavam de 150 garrafas por hora ou até menos. O processo era extremamente artesanal. (AFREBRAS Mapa da distribuição da produção de refrigerantes no Brasil).

As Grandes Corporações de bebidas só chegaram ao Brasil em 1931 (Antarctica, hoje AmBev) e em 1942 (Coca-Cola). A AmBev só passou a produzir refrigerante com sabor Guaraná, 16 anos após a criação desse sabor no Brasil, e 21 anos depois, a Coca-Cola iniciou sua produção desse mesmo sabor no País.

Vale ressaltar que o primeiro refrigerante a ser produzido foi envasado em uma embalagem de vidro retornável com capacidade de 600 ml. Um fato curioso é que o compartilhamento desta embalagem ocorreu a partir de um acordo entre as cervejarias e as fábricas de refrigerantes, pois o volume dos refrigerantes era superior ao volume comercializado de cerveja, o que ocorre até hoje. (AFREBRAS Surgimento do setor de refrigerantes no Brasil)

É de extrema relevância que o consumidor brasileiro saiba o que ocorre em todos os setores da economia, visto que tudo o que acontece nessa esfera acaba refletindo em seu orçamento. No que se refere ao mercado de refrigerantes, o consumidor é extremamente lesado, uma vez que as



grandes corporações se utilizam de práticas desleais, que acabam por limitar seu direito de escolha. O consumidor brasileiro é refém de produtos produzidos por duas grandes corporações, porque os principais canais de distribuição são fechados às pequenas e médias empresas. Sendo assim, quando o consumidor vai ao supermercado, ele encontra somente dois produtos de cada sabor – produzidos por duas empresas. Já nos supermercados que comercializam produtos regionais, há dificuldade em encontrá-los, pois o espaço cedido é inferior a 5% do total destinado às bebidas e, esse pequeno espaço, é dividido com outra empresa, que possui características de grande corporação. Ao analisar outras embalagens, como a lata, é nítido que o consumidor não tem opção, além dos produtos das grandes empresas. Esse fato ocorre devido à realidade que envolve a embalagem no Brasil. Alguns exemplos são os impostos e a comercialização, que foram desenvolvidos para ficar, exclusivamente, nas mãos das grandes empresas.

Raras são as vezes que o consumidor encontra produtos regionais na embalagem de lata, pela impossibilidade de adoção da embalagem. (AFREBRAS Surgimento do setor de refrigerantes no Brasil).

Apesar do Brasil possuir clima propício à elevada ingestão de líquidos, o brasileiro consome em média 79 litros de refrigerante por ano, colocando o Brasil em 19º lugar na classificação mundial de consumo per capita de bebida. O Brasil é o 4º maior mercado de refrigerante do mundo, empatando com a China e atrás dos estados Unidos, Europa e México.

O mercado brasileiro de refrigerantes caracteriza-se por apresentar 70% das vendas concentradas em apenas dois fabricantes. O percentual restante é representado por fabricantes regionais. Dados atuais indicam que o consumo em 2010 foi de 15.111.920 bilhões de litros de refrigerante. Com esse número, o mercado brasileiro registrou um aumento de 2,3% no consumo da bebida se comparado com o ano anterior. A expectativa é que em 2011 esse consumo tenha um aumento de 2,7% (ABIR – 2010).

Observa-se na Tabela 1 que da produção de bebidas em geral no Brasil registrou crescimento acima de 5,5% por ano. Esses dados colocam o Brasil como um mercado promissor e as indústrias continuam investindo na produção de refrigerante no País.

**TABELA 1:** Aumento da produção das indústrias de refrigerantes.

| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Refrigerantes | 13.574,27 | 14.320,86 | 14.887,98 | 15.111,92 | 15.368,83 |
| Energéticos | 20,61 | 29,45 | 43,29 | 59,90 | 83,86 |
| Chá – pronto para beber | 84,85 | 96,90 | 98,93 | 104,90 | 112,77 |
| Sucos e Néctares | 334,78 | 388,04 | 425,99 | 451,88 | 489,06 |
| Água Engarrafada | 4.691,20 | 4.967,28 | 5.210,07 | 5.388,72 | 5.620,70 |
| Isotônico | 76,09 | 88,26 | 99,98 | 111,90 | 126,11 |
| Suco Concentrado | 1.646,13 | 1.657,84 | 1.641,26 | 1623,75 | 1599,38 |

Fonte ABIR 2010

2 – DIÓXIDO DE CARBONO

O Dióxido de Carbono (CO₂) ocorre naturalmente na atmosfera. Sem ele, a Terra seria um lugar muito frio, porque a maior parte da luz do Sol absorvida pela superfície da Terra seria irradiada de volta para as profundezas frias do espaço.

Como está agora, o CO₂ forma um cobertor isolante sobre a superfície terrestre que deixa o ultravioleta de comprimento de onda curta e a luz solar visível passarem, mas retarda a perda de calor na forma de radiação infravermelha de comprimento de onda longo; e assim a função do CO₂ na atmosfera é conhecida como efeito estufa (RICKLEFS, 2001).

O Dióxido de Carbono é um gás atmosférico com um átomo de carbono e dois de oxigênio. É conhecido por sua fórmula (CO₂), que é tido geralmente como o gelo seco no estado sólido. O dióxido de carbono pode ser derivado de fontes múltiplas; vulcânicos, combustão de matérias orgânicas, processo da respiração de seres vivos. A densidade do dióxido de carbono em 25°C é de 1.98 Kg/m³, 1.5 vezes mais que do ar é oxidado inteiramente, não reativo e não inflamável.

3 – PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO DIÓXIDO DE CARBONO.

3.1 - PRODUTOS QUÍMICOS E FARMACÊUTICOS.

O CO₂ também é utilizado para neutralizar efluentes alcalinos. Usado também em condições extremamente críticas para purificar fibras de origem animal, vegetal ou polímero. O dióxido de carbono é utilizado para a inertização, síntese química, extração com fluido super crítico (SFE), a acidificação (pH) das águas residuais ou transporte de produtos a baixa temperatura (-78° C ou -108°F) (Linde: Principais aplicações do dióxido de carbono).



3.2 - ALIMENTOS E SAÚDE.

Na área de alimentos, a principal utilização do dióxido de carbono está na carbonatação de bebidas como refrigerantes, cervejas, água gaseificadas, pois sua inertização e propriedades bacteriostáticas estão sendo usada com sucesso em misturas de nitrogênio, para aumentar a vida útil dos produtos alimentares. Usado também como fluido criogênico em refrigeração ou congelamento e como gelo seco para o controle de temperatura durante a distribuição de gêneros alimentícios.

Na saúde, auxilia nas atmosferas fisiológicas para o funcionamento de órgãos artificiais, muito usado também como um componente em uma mistura de oxigênio ou ar como estimulante respiratório para promover a respiração profunda utilizado também para a dilatação cirúrgica por insuflação intra-abdominal.

3.3 - PAPEL E CELULOSE.

A lavagem da polpa de papel com CO₂ é uma tecnologia patenteada, introduzida no início dos anos 90. Atualmente, é utilizada em mais de 40 linhas de fibras – Kraft e linhas de sulfite. Tal tecnologia oferece melhorias consideráveis na qualidade da lavagem e diminui o impacto sobre o meio ambiente

Vantagens da lavagem da polpa de papel com CO₂:

- Aumento da capacidade da lavagem;
- Menor consumo de vapor, uma vez que reduz a quantidade necessária de água de lavagem para manter um nível determinado de transferência;
- Redução de aditivos, como agentes anti - espumantes e dispersantes Pitch;
- Menor custo de manutenção.

3.4 - PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A técnica de aplicação de gás carbônico já é praticada por agricultores europeus há mais de cem anos. Inicialmente, eles costumavam queimar querosene e propano nas estufas para aumentar a concentração de dióxido de carbono, mas as impurezas produzidas no processo contaminavam as plantas. Atualmente, o dióxido de carbono é ainda obtido por combustão, mas é purificado e engarrafado por indústrias. Além disso, foram desenvolvidos equipamentos e técnicas adequados para sua aplicação em diversas condições climáticas e de plantio. Na Europa, o gás carbônico é



aplicado dentro de estufas. O dióxido de carbono pode, também, ser dissolvido na água e levado às plantas por irrigação (Kimball, apud Pinto et al, 2000).

No final dos anos 80, empresas norte americanas que comercializavam gás carbônico para indústrias interessaram-se pelo processo na atividade agrícola e iniciaram trabalhos com injeção de gás carbônico na água utilizada para irrigação, em culturas a céu aberto, visando a aumentar a sua produtividade com resultados promissores (IDSO & IDSO, 1994). No Brasil, a aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação é de uso recente e poucos são os estudos eco fisiológicos referentes às trocas de CO₂ em plantas. Existem, ainda, aspectos a esclarecer com relação aos efeitos sobre as plantas, estudando a influência da aplicação de CO₂ na produtividade e na melhoria da qualidade de frutos. Também é necessário definir doses e períodos de aplicação de CO₂ mais adequados para as diferentes culturas, visando maximizar a relação custo/benefício.

4 – CARACTERÍSTICAS DO CO₂ UTILIZADO NA PRODUÇÃO DE REFRIGERANTES.

O gás carbônico é utilizado pela indústria de engarrafamento/enlatamento para carbonatação. Em seu estado natural o CO₂ é gasoso, não tem cor e no seu estado puro é inodoro e sem sabor. Seu peso molecular é 44,01g/mol. Os critérios mais importantes para o fornecimento do gás carbônico são: a de alta qualidade e a ausência de sabor, odor ou aparência discrepante à bebida final. As impurezas do gás carbônico dependem geralmente da fonte ou do tipo de processo. A pureza ideal para o gás carbônico nas indústrias de bebidas é de 99,9%, a faixa de aceitabilidade para o ponto de orvalho, que é a temperatura à qual o vapor d'água presente no ar ambiente passa para o estado líquido na forma de pequenas gotas e que deverá ter valores menores que -55°C e presença de água 20 PPM v/v.

A função do CO₂ no envasamento de bebidas é para contribuir para o perfil sensorial, atuar como inibidor e preservativo eficaz contra microorganismos faz também com que a bebida seja percebida pelo consumidor como refrescante e estimulante e contribui para a integridade da embalagem.

A não utilização de CO₂ de alta qualidade pode afetar negativamente o aspecto sensorial dos produtos acabados, no qual uma pequena quantidade de composto de enxofre no CO₂, por exemplo, pode causar um odor desagradável na bebida (Especificação do Dióxido de Carbono, Manual de Treinamento Ind. de Refrigerantes, 2002).



Tabela 2: Especificação do Dióxido de Carbono para uso nas indústrias de bebidas

| PARA ESTE ATRIBUTO | ATENDER A ESTA ESPECIFICAÇÃO |
|---------------------------------------|--|
| Aparência na água | <i>Incolor</i> |
| Odor | <i>Sem Odor estranho</i> |
| Sabor | <i>Sem sabor estranho</i> |
| Pureza | <i>Não menos que 99,9% v/v</i> |
| Umidade | <i>Não mais que 20 ppm v/v</i> |
| Oxigênio | <i>Não mais que 30 ppm v/v</i> |
| Amônia | <i>Não mais que 2,5 ppm v/v</i> |
| Óxido nítrico e dióxido de nitrogênio | <i>Não mais que 2,5 ppm v/v cada</i> |
| Resíduo não volátil | <i>Não mais que 10 ppm p/p sem partículas absorváveis, tais como fino de carbono</i> |
| Resíduo orgânico não volátil | <i>Não mais que 5 ppm p/p</i> |
| Fosfina | <i>Não mais que 0,3 ppm v/v</i> |

FONTE: Especificação do Dióxido de Carbono, Manual de Treinamento Ind. de Refrigerantes

Na Tabela 2, estão apresentados os critérios que o fornecedor deve identificar e controlar os níveis de traços de impurezas no dióxido de carbono purificado fornecido às plantas de bebidas.

5 - ESPECIFICAÇÕES PARA O FORNECIMENTO DO GÁS CARBÔNICO

O fabricante de gás carbônico deve fabricar e estocar o gás carbônico sob condições sanitárias apropriadas a aditivos alimentícios e necessariamente estar em conformidade com todas as leis e regulamentações sanitárias de higiene e saúde aplicáveis (nacionais e locais) no local de fabricação. Isso inclui todos os procedimentos aplicáveis de boas práticas de fabricação (BPF) e normas de segurança de alimentos (APPCC). Informar antecipadamente à engarrafadora de refrigerantes, qualquer mudança efetuada no processo produtivo que possa impactar na qualidade do gás carbônico. (Especificação do Dióxido de Carbono, Manual de Treinamento da Ind. de Refrigerante, 2002)

As mesmas condições e requisitos empregados na unidade fabricante do gás carbônico deverão ser aplicados integralmente nas distribuidoras que se disponham a entregar o gás carbônico



estocados em suas instalações diretamente nas unidades produtoras de refrigerantes. O fornecedor deve assegurar que apenas recipientes (tanque, container ou caminhão tanque) aprovados por todos os órgãos de regulamentação pertinentes para o uso em alimentos sejam utilizados para estocar e transportar o gás carbônico. É mandatório que o fornecedor proporcione meios de identificação, tais como: nome da unidade produtora, número de lote, data de fabricação, horário de envasamento ou algum código alfa numérico que possibilite facilmente a rastreabilidade aos documentos que identifiquem a carga ao seu processo produtivo (Especificação do Dióxido de Carbono, Manual de Treinamento da Ind. de Refrigerante, 2002)

Em relação à segurança e transporte, o fornecedor também é o responsável direto por proporcionar todos os meios possíveis que possam garantir a integridade e a inviolabilidade do ingrediente, bem como a segurança dos envolvidos na atividade. Por se tratar de um produto pressurizado, todos os cuidados de segurança devem ser tomados, o manuseio de equipamentos para carga, descarga e amostragem, deve ser realizado exclusivamente por pessoal treinado e capacitado. Apenas veículos de transportes que apresentem as condições adequadas e seguras para garantir a integridade e a segurança do produto, poderão ser utilizados no seu transporte. O transporte deve ser exclusivo, nenhum outro tipo de material ou carga deve ser colocado em contato com o ingrediente ou com seus equipamentos.

Os lacres devem ser estrategicamente fixados nas bocas de visitas e válvulas para identificar qualquer tipo de violação posterior e a numeração do lacre deve ser relacionadas nos documentos que acompanham a carga. O fornecedor deve garantir que o gás carbônico liberado atenda todos os requisitos de qualidade estabelecidos pela unidade produtora de refrigerante, e deverá ser expedido um COA (Certificado de Conformidade e Análises) detalhado e contendo os resultados reais do teste do gás carbônico para os atributos de qualidade relacionados abaixo e deve acompanhar cada arremessa do gás carbônico (Especificação do Dióxido de Carbono, Manual de Treinamento da Ind. de Refrigerante, 2002).

Tabela 3: Locais de coleta do gás para realizar as análises laboratoriais

| PARÂMETROS | LOCAL DA AMOSTRAGEM |
|--------------------------|---------------------|
| PUREZA | TANQUE DE ESTOCAGEM |
| ODOR | TANQUE DE ESTOCAGEM |
| THC | CAMINHÃO TANQUE |
| TSC | CAMINHÃO TANQUE |
| UMIDADE | CAMINHÃO TANQUE |
| HIDROCARBONETO AROMÁTICO | CAMINHÃO TANQUE |

A falta do certificado de análises é suficiente para a rejeição da carga. Resultados que estejam abaixo do limite de detecção e apresentados como ND (não detectado) devem ser complementados com o limite de detecção da metodologia aplicada. O fornecedor deve ainda, mostrar de forma imparcial, que o seu processo está controlado e que atende a todos os parâmetros de qualidade presente nesta especificação, por meio de programa de teste de amostras de seu gás carbônico estocado nas unidades produtoras, nos centros de distribuição, na frequência trimestral para as unidades produtoras. (Especificação do Dióxido de Carbono, Manual de Treinamento da Ind. de Refrigerante, 2002).

Diante da importância e do impacto que o gás carbônico exerce na qualidade do refrigerante, as grandes empresas exigem cada vez mais que seus fornecedores invistam em qualidade e controles estatísticos de seus processos para eliminar falhas que possibilitem a contaminação do gás carbônico, pois após sua incorporação na bebida, fica mais difícil detectar qualquer não conformidade gerada no beneficiamento e distribuição.

6 - FLUXOGRAMAS DA PREPARAÇÃO DO XAROPE DE REFRIGERANTE

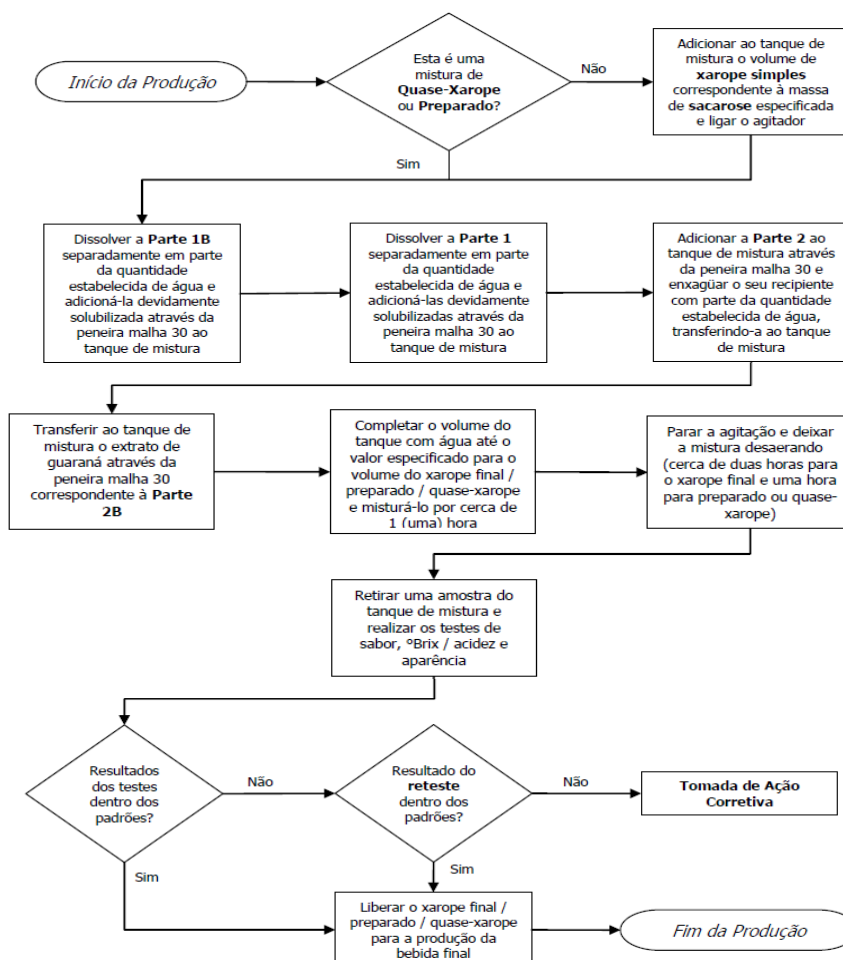


Figura 1: Fluxograma do Procedimento de mistura do xarope, manual de treinamento Ind. de Refrigerante



A produção de refrigerante emprega quantidades significativas de água, açúcar cristal ou líquido, gás carbônico para a carbonatação, além de diversos aditivos como conservantes (benzoato de sódio, sorbato de potássio, estabilizantes, acidulantes, corantes e essências).

6.1 - PREPARAÇÃO DO XAROPE SIMPLES

O xarope simples, também conhecido como calda base, é uma solução aquosa de açúcar, eventualmente enriquecida com ácidos orgânicos. Sua obtenção se dá pela diluição do açúcar em água quente, seguido de cozimento à temperatura de 85-100 °C, de modo a retirar impurezas que possam gerar problemas de odor e sabor no produto final.

Esta calda é então tratada e clarificada, usando como elemento de clarificação e purificação carvão ativado em pó, terra diatomácea ou outro produto semelhante. Os refrigerantes dietéticos recebem edulcorantes sintéticos, em substituição ao açúcar, na elaboração do xarope simples. Após a separação da fração sólida do filtrado, o xarope simples é resfriado em trocadores de calor até uma temperatura aproximada de 20°C (Procedimento de mistura, manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2010).

6.2 - PREPARAÇÃO DO XAROPE COMPOSTO

Os aditivos incorporados ao xarope simples para obtenção do xarope composto é que distinguem os refrigerantes entre si, conferindo as características de cor, sabor, odor e propriedades químicas adequadas à sua conservação. Os aditivos incorporados podem ser sucos naturais de frutas, flavorizantes, estabilizantes, conservantes, corantes, antioxidantes, entre outros. Estes compostos são incorporados ao xarope simples em tonel agitado mecanicamente. (Procedimento de mistura, manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2010)

Alguns extratos vegetais são adicionados, como nos refrigerantes de guaraná e cola. No caso dos refrigerantes de guaraná, o extrato é obtido de sementes da planta do guaraná, que passa por um processo de torrefação, moagem e depois é tratada com solventes alcoólicos que auxiliam na liberação da essência de guaraná, operação realizada em extratores rotativos. Essa essência, dita primária, passa por uma decantação, filtração e concentração a vácuo. No caso dos refrigerantes de “cola”, os extratos são obtidos a partir de formulações vegetais secretas, que constituem um dos segredos do setor (Procedimento de mistura, manual de treinamento ind. de refrigerantes, 2010).

7 – FABRICAÇÃO DO REFRIGERANTE.

7.1 - A ÁGUA PARA A PREPARAÇÃO DO REFRIGERANTE.



O ingrediente de maior uso na preparação do refrigerante é sem dúvida a água. Ela representa cerca de 80% da bebida pronta e por esse motivo a sua qualidade, ou pureza, tem grande impacto na qualidade do produto final. Devido a grande importância que ela representa, é sensato que exista uma política de qualidade voltada exclusivamente para o beneficiamento desse ingrediente. A seguir algumas especificações para a água usada no processo de produção de bebidas carbonatadas. (Procedimento de Mistura, Manual de treinamento das Ind. de Refrigerantes, 2010)

Tabela 4: Atributos da água para envase

| ATRIBUTO | ESPECIFICAÇÃO |
|----------------------------------|---|
| TURBIDEZ | AUSENTE |
| COR | AUSENTE |
| ODOR | AUSENTE |
| GOSTO | NENHUM GOSTO |
| COLORO LIVRE | 1 A 3 PPM APÓS FILTRO DE AREIA |
| COLORO TOTAL | 0,0 FILTRO APÓS FILTRO COM CARVÃO |
| ALCALINIDADE | >0 PPM E < 85 PPM (COMO CaCO ₃) |
| FERRO | < 0,1 PPM |
| ALUMÍNIO | < 0,1 PPM |
| CLORETO | < 300 PPM |
| STD – SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS | < 500 PPM |

A abordagem mais efetiva para o tratamento de água é o uso por múltiplas barreiras. Esse tratamento protege os efeitos potenciais e contaminantes indesejáveis nas águas de suprimentos e de processos.

7.2 – TRATAMENTO POR MÚLTIPLAS BARREIRAS

7.2.1 - Tratamento químico convencional

Processo de coagulação/floculação (com redução de alcalinidade, se necessário), sedimentação, desinfecção (estocagem de água na cisterna semitratada), seguida de filtração em filtro de areia, purificador de carvão e filtro polidor (Procedimento de Mistura; Manual de treinamento das Ind. de Refrigerantes, 2010).

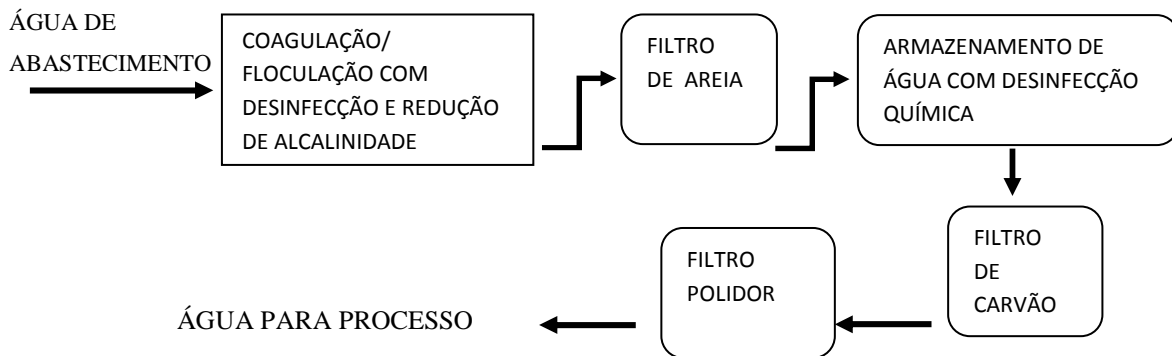


Figura 2: Fluxograma do tratamento químico convencional

7.3 - TRATAMENTO POR OSMOSE REVERSA (ACETATO DE CELULOSE)

Consistindo em filtração (filtro de areia), pré-tratamento com cloração, osmose reversa utilizando membrana de acetato de celulose, desinfecção (estocagem de água na cisterna semitratada), purificador de carvão e filtro polidor (Procedimento de Mistura Manual de treinamento das Ind. de Refrigerantes, 2010).

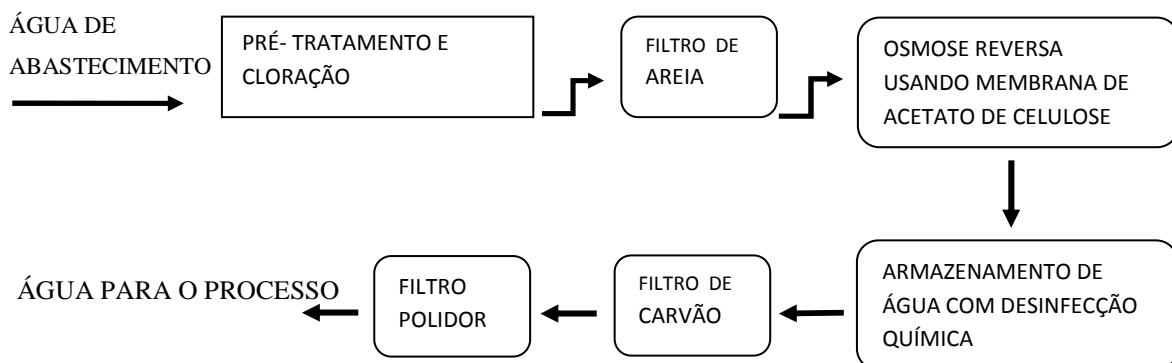


Figura 3: Fluxograma do tratamento por osmose reversa

7.4 - OPERAÇÕES AUXILIARES.

A produção de refrigerante conta com três tipos principais de operações auxiliares. A primeira é a geração de vapor, para que seja possível a realização de limpeza nas tubulações por onde a bebida percorre até ser envasada em sua embalagem. A segunda é referente as operações de limpeza que são conduzidas utilizando sistemas chamados de CIP- *clean in place*. Estes são



caracterizados por serem sistemas automáticos de limpeza de equipamentos de processo, tubulações, tanques, etc, que realizam operações sequenciais de enxágüe e lavagem, usando água sob condições definidas de pressão, temperatura e vazão, além de produtos químicos diversos, tendo todo o controle centralizado num painel de operações. (Procedimento de Mistura manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2010)

De modo simplificado, o solvente (água), adicionado de agentes de limpeza (alcalinos ou ácidos), é bombeado para bicos injetores estrategicamente localizados nos equipamentos, que aplicam jatos pressurizados. Embora não haja uma definição formal, os equipamentos CIP se distinguem daqueles WIP (*wash in place*), pois nestes últimos é necessária uma verificação ou intervenção manual do operador ao final, enquanto nos CIP este cuidado não é necessário, embora possa ser realizado.

Além disso, existe dentro do conceito de CIP uma enorme variedade de sistemas: fixos ou móveis; exclusivos ou multipropósito; com ou sem reuso de água; de pequeno ou grande porte, etc. Nas indústrias de bebidas carbonatadas são comuns os casos onde os sistemas CIP realizam lavagens de acordo com seguinte seqüência: enxágüe lavagem alcalina (solução de soda), enxágüe lavagem ácida (solução de ácido nítrico) e enxágüe.

Em alguns casos, os efluentes de uma lavagem podem ser reutilizados em lavagens seguintes, em até 5 ou 6 vezes, e em operações de limpeza mais intensa, realizadas com maior intervalo de tempo, acrescenta-se uma etapa de desinfecção, em geral usando hipoclorito de sódio (Procedimento de Mistura manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2010).

E a última operação auxiliar é o tratamento de efluentes, Em geral, as indústrias de refrigerantes possuem instalações relativamente grandes para tratamento de seus efluentes, em virtude da carga orgânica de moderada à elevada dos despejos (de 1.200 a 3.000 mg/l de DBO) e também de sua considerável vazão (dependendo do porte das instalações, mas da ordem de milhares de m³ ao dia). Genericamente, as plantas são compostas por um pré-tratamento (neutralização/equalização) e um sistema de tratamento biológico (muitas vezes integrando etapa anaeróbia e aeróbia). Ao final, gera-se lodo de tratamento, que necessita de uma correta destinação final (Procedimento de Mistura manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2010).

7.5 - CARBONATAÇÃO (PROPORCIONADOR)

A carbonatação ocorre quando o gás carbônico é adicionado a uma solução aquosa. Quando a água e o gás se misturam, uma pequena quantidade de gás combina-se quimicamente à água para formar o ácido carbônico: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$.



Facilmente absorvida pela água a 15,6° C e pressão atmosférica, a água absorverá uma quantidade de gás carbônico igual ao seu volume. É quando se diz que temos 1 (um) volume de carbonatação. As maiorias das substâncias são mais facilmente dissolvidas em água quente do que na água fria. No caso do gás carbônico isso ocorre ao contrário, ou seja, quanto mais fria a água, mais rápida será a absorção do gás na água e maior será sua retenção. A água a 21°C e pressão atmosférica, absorverá apenas 0,85 volumes e enquanto que a 10°C e mesma pressão, absorverá 1,20 volumes. A quantidade de gás carbônico que será absorvido pela água a uma determinada temperatura, variará proporcionalmente à pressão. Existe uma relação direta entre o grau de carbonatação e o sabor final da bebida. Em uma bebida que falta a dose correta de gás carbônico, faltará à parte do efeito picante ao sabor (Princípio de funcionamento do – manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2007).

Uma etapa importante na carbonatação é a desaeração da água que é usado na preparação da bebida, quando a água passa pelo carbonatador, grande parte do ar absorvido pela água, fica estacionada na parte superior do tanque saturador, ocupando lugar do gás carbônico, reduzindo assim a eficiência do carbonatador. Isso ocorre pelo fato de que o ar é mais leve do que o gás carbônico. No tanque saturador, esse ar poderá ser eliminado através da válvula de purga, que está localizada em cima do tanque.

A desaeração pode ser realizada por uma bomba de vácuo, ou com a utilização do gás carbônico. O ar escapa mais facilmente da água quando está aquecida e por esta razão o desaerador deve ser instalado na linha de água antes do trocador de calor. Uma boa carbonatação só é possível se o oxigênio presente na água for retirado durante o processo de desaeração, assim quando é injetado o gás carbônico, a água está sem o oxigênio, facilitando a incorporação do CO₂. (Princípio de funcionamento do monjonnier – manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2007).

Para concluir, o sucesso da carbonatação da bebida é garantir que a água esteja em uma temperatura relativamente baixa, cerca de 4°C. Dessa forma, a incorporação e retenção do gás na bebida será muito mais dinâmica e influenciará de modo significativo no momento em que a bebida estiver na enchedora para iniciar o envase. Se a bebida for preparada a uma temperatura alta, a partir de 15°C, a pressão no carbonatador deverá ser mais elevada para forçar a incorporação do gás na bebida, com isso no momento que estiver fazendo o envase na enchedora, haverá muita dificuldade para controlar o volume da garrafa, visto que, com maior pressão, maior será a agitação das moléculas de água e gás, produzindo muita espuma na garrafa (ou qualquer outra embalagem, como lata, pet), dificultando o envase do volume correto da bebida em sua embalagem (Princípio de funcionamento do monjonnier – manual de treinamento Ind. de refrigerantes, 2007).

Na figura abaixo, podemos visualizar como é a estrutura de um carbonatador e como é produzida a bebida. Podemos perceber também, em que momento do processo produtivo é injetado o gás carbônico. Notamos que a injeção do gás carbônico está localizada após o trocador de calor, com isso a carbonatação da bebida é concebida de modo que a incorporação do gás na bebida seja bem sucedida em condições favoráveis, ou seja, de baixa temperatura. A bomba de mistura também influencia na carbonatação, pois além de homogenizar a mistura de água e xarope, aumenta a turbulência da mistura contribuindo para a incorporação do gás.

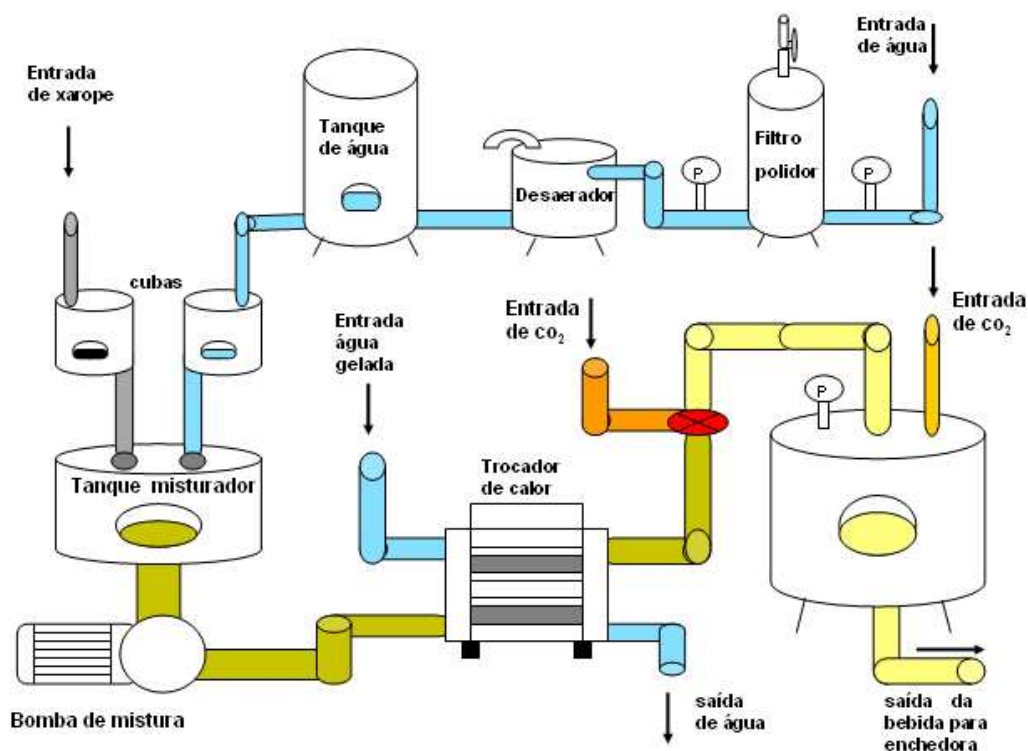


Figura 4: Fluxograma da operação de um carbonatador (preparador de bebidas).

Esse equipamento trabalha pressurizado com ar estéril e a pressão de trabalho gira em torno de 4 kgf/cm². Todas as válvulas são controladas através de força pneumática. Como se trata de alimento, por segurança, essas válvulas devem ser controladas por ar estéril, evitando assim possíveis contaminações no produto final.

7.6 - FASES DO ENCHIMENTO.

Diante da grande expansão do mercado de refrigerantes, os fabricantes de máquinas e equipamentos para as indústrias de bebidas, têm desenvolvidos máquinas cada vez mais velozes e mais flexíveis, isto é, tendo a possibilidade de envasar vários formatos de garrafas com poucos ajustes no equipamento. Em razão da grande tecnologia utilizada no desenvolvimento dessas enchedoras, esses setups, são totalmente eletrônicos, ou seja, com alguns comandos, a máquina automaticamente faz todo o ajuste pré - determinado para o novo formato de garrafa que a fábrica irá produzir.

Embora as máquinas tenham uma tecnologia muito alta aplicada na sua concepção, as fases do enchimento permanecem da mesma forma que as enchedoras antigas.

Foram desenvolvidas novas válvulas e sistemas foram melhorados com a evolução das enchedoras, mas o método e fases de enchimento ainda são o mesmo. A figura 5 ilustra quais são essas fases.

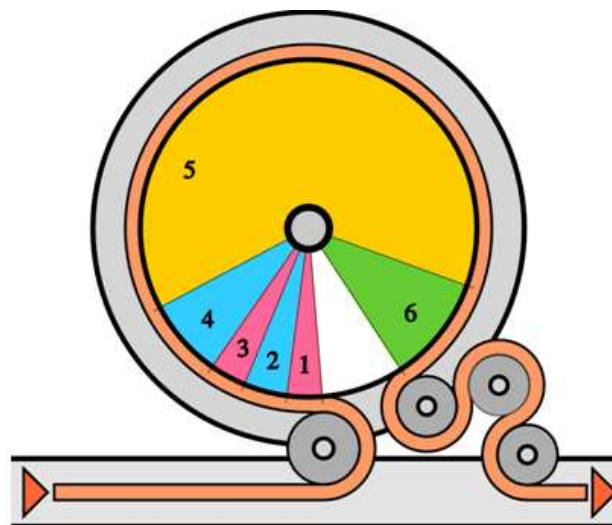


Figura 5: Vista superior de uma enchedora e as Seis fases de enchimento.

- É retirado o oxigênio do interior da garrafa através de uma injeção de CO_2 . Esse procedimento é necessário para preparar o ambiente a fim de receber um produto gaseificado com CO_2 e evitar a reação com o oxigênio e não permitir que a bebida espume durante o enchimento, causando perda da garrafa devido ao volume estar abaixo do especificado no rótulo da embalagem. Todas as linhas contêm um medidor de nível que expulsa a garrafa caso ela não tenha a quantidade mínima de produto em sua embalagem. Esse equipamento de inspeção é extremamente importante, pois garante que a empresa



não enviará produto não conforme para seus clientes, por exemplo, garrafas de 600 ml com apenas 550 ml de produto. Geralmente, as garrafas apresentam volume baixo quando existe excesso de espuma na bebida que pode ser causada por vários fatores, tais como, alta pressão de trabalho no preparador de bebidas, temperatura alta da água, vedação da bóia de enchimento desgastada, falha na vedação da garrafa no momento de pressurizar a garrafa na enchedora. Frequentemente, esses problemas de enchimento ocorrem quando a linha está iniciando a produção e após a estabilização do processo, essas ocorrências são praticamente eliminadas.

- Inicia com a extração do CO₂ que foi injetado na garrafa na fase anterior.
- É exatamente quando a garrafa começa a ser pressurizada pela enchedora. Chamamos essa fase de pré – enchimento. Algumas vezes a garrafa acaba explodindo no momento de pressurização, geralmente são garrafas que apresentaram alguma falha de fabricação, pode ser na fase de extrusão da pré - forma ou durante o sopro da garrafa. Geralmente, essas falhas estão relacionadas com a má distribuição do plástico durante o sopro, onde a pré-forma é aquecida e depois é soprada dentro do molde de garrafa. Nas embalagens de vidro, as explosões são caracterizadas pelas garrafas que acabam sendo trincadas durante o manejo. Isso pode ocorrer na própria linha de produção, na casa do consumidor ou até mesmo em supermercados.
- Início do enchimento da garrafa. A bebida localizada na “cabeça” da enchedora está pressurizada a 4kgf/cm² e para ocorrer o enchimento da garrafa, primeiramente a pressão da garrafa e da cabeça da enchedora devem estar igualadas, ou seja, é quando a pressão da garrafa atinge os mesmos 4kgf/cm² da enchedora, a válvula é aberta e a bebida começa a encher a garrafa por gravidade até atingir seu nível de enchimento, que é justamente no início do tubo de ar, ou tubo de enchimento como é conhecido. Podemos perceber que essa fase é a maior, pois além de encher a garrafa, a bebida precisa de um tempo para estabilizar antes da descompressão, que é na próxima fase.
- Descompressão da garrafa. No momento do enchimento, a garrafa se transforma em um vaso de pressão e para retirá-la da enchedora sem que haja perda de produto, existe m



dispositivo chamado *sniffer* que elimina o excesso de gás da garrafa, evitando assim que o produto saia da garrafa antes da lacração. Esse sistema é extremamente importante, pois se não estiver regulado corretamente, não se consegue encher uma garrafa se quer, devido exclusivamente a pressão do gás e agitação das moléculas de água e CO₂.

7.7 - LACRAÇÃO DA GARRAFA.

A próxima etapa após a conclusão do enchimento é a lacração da garrafa. Talvez muitos não saibam, mas existe muita tecnologia aplicada na fabricação de tampas para garrafas de refrigerantes e outras tipos de bebidas carbonatadas. Temos dois tipos de tampas, que na verdade são conhecidas como “rolhas” dentro das indústrias, que dominam o mercado. A primeira é a tampa de plástico usada nas garrafas pet e a outra é a rolha metálica utilizada muito em garrafa de cerveja e refrigerantes que são envasados em embalagens de vidro. Essas rolhas fazem a vedação de garrafas que foram pressurizadas e que necessitam de uma vedação muito especial para manter as características originais do produto. Uma má aplicação de rolhas causará a contaminação do produto e poderá até prejudicar a saúde de um consumidor, trazendo muitas complicações para as empresas se essas queixas chegarem até a vigilância sanitária do local em que a companhia está inserida. Vale ressaltar também que além de ser multada, ficará com sua imagem arranhada perante seus consumidores.

A rolha é um material especial que tem uma película em seu interior que é responsável pela vedação da garrafa, evitando assim a fuga do gás carbônico inserido em seu conteúdo, e tem muito valor agregado e um custo elevado para ser produzido.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Associação Brasileira das indústrias de bebidas. Consumo de refrigerante no Brasil. Disponível em: <http://www.abir.org.br> Acessado em 15/07/2011.

ABIR Associação Brasileira das Indústrias de bebidas. Aumento da produção de refrigerantes no Brasil. Disponível em: <http://www.abir.org.br> Acessado em 15/07/2011.

AFRARE Associação dos fabricantes de refrigerantes do Brasil. Surgimento do setor de refrigerantes no Brasil. Disponível em: <http://www.afrebras.org.br> Acessado em 21/07/2011.

Associação dos fabricantes de refrigerantes do Brasil. Mapa da distribuição da produção de refrigerantes no Brasil. Disponível em: <http://www.afrebras.org.br> Acessado em 21/07/2011.

Carbonatação, Princípio de funcionamento do Mojonier. Manual de treinamento das Indústrias de refrigerantes. São Paulo – 2007.



Especificação do Dióxido de Carbono – Manual de treinamento das Indústrias de Refrigerantes, São Paulo : 2002.

Fases do enchimento. Manual de treinamento das Indústrias de refrigerantes São Paulo - 2007.

Linde, Indústria de gases. Principais aplicações do dióxido de carbono. Disponível em: <http://linde-gas.com.br/international/web/lg/br/like1gbr.nsf>> Acessado em 01/10/2011.

Procedimento de Mistura – Manual de Treinamento das Indústrias de Refrigerantes , São Paulo : 2010.

PINTO J M; BROTEL T A; MACHADO E C; Uso de dióxido de Carbono na agricultura Ciência Rural, Santa Maria v.30n5, 2000..

RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. 5.ed. New York: Freeman and Company, 2001.503

Princípio de funcionamento do Mojonier. Manual de treinamento das Indústrias de refrigerantes. São Paulo – 2007.