

TECNOLOGIA & CULTURA

Revista do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
CEFET/RJ | N. 22 | Ano 15 | jul./dez. 2013

42

MODELAGEM MATEMÁTICA DA IMUNOLOGIA DE HIV:
O ESTUDO DAS CÉLULAS DE DEFESA ATIVADAS

58

MODELAGEM EM ELEMENTOS FINITOS DE COLUNAS DE AÇO
ESBELTAS ESTAIADAS E PROTENDIDAS

70

TÉCNICA DE CONTROLE APLICADA AO EFEITO DA
SONOLUMINESCÊNCIA

TECNOLOGIA & CULTURA



CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

Revista semestral do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca -
CEFET/RJ. N.22, Ano 15 - jul./dez. 2013

Ministério da Educação - MEC
Secretaria de Educação Profissional
e Tecnológica - SETEC

CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

TECNOLOGIA & CULTURA - Revista do CEFET/RJ
N.22, Ano 15 - jul/dez 2013
Tiragem: 300 exemplares
Edição eletrônica: acesso em <http://revistas.cefet-rj.br/>

Av. Maracanã, 229 - Rio de Janeiro/RJ
CEP 20271-110
Telefone geral: (21) 2566-3022 r. 3160
Telefax: (21) 2284-6021
<http://www.cefet-rj.br>
E-mail: revista@cefet-rj.br

Diretor-Geral

Carlos Henrique Figueiredo Alves

Vice-Diretor

Maurício Saldanha Motta

Diretora de Ensino

Gisele Maria Ribeiro Vieira

Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação

Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco

Diretor de Gestão Estratégica

Fernando Ramos Corrêa

Presidente do Comitê Técnico-Científico

Marcelo Sampaio Dias Maciel (CEFET-RJ)

Conselho Editorial:

Adelaide Maria de Souza Antunes (UFRJ/INPI)
Cristina Gomes de Souza (CEFET/RJ)
Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes (IBMEC/RJ)
Maria Lucia Alvares Maciel (UFRJ/SBPC/IBICT)
Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco (CEFET/RJ)

Comitê Técnico-Científico:

Tecnologia & Sociedade

Marco Braga (Editor – CEFET/RJ)
Ana Margarida Campello (FIOCRUZ)
Carlos Fiolhais (Universidade de Coimbra - Portugal)
Gaudêncio Frigotto (UFF)
Isabel Malaquias (Universidade de Aveiro - Portugal)
Marisa Brandão (CEFET/RJ)
Monica Waldhelm (CEFET/RJ)
Olival Freire Junior (UFBA)
Regina Viegas (CEFET/RJ)

Tecnologia & Gestão

Antonio Pithon (Editor - CEFET-RJ)
Antônio Mauricio Castanheira das Neves (CEFET/RJ)
José Dinis Carvalho (Universidade do Minho - Portugal)
José Luiz Fernandes (CEFET/RJ)
Luis Enrique Valdiviezo Vieira (UENF)
Marcelo Fonseca Monteiro de Sena (IFRJ)
Rui Manoel Souza (Universidade do Minho - Portugal)

Tecnologia & Inovação

Hector Reynaldo (Editor – CEFET/RJ)
Américo Scotti (Universidade Federal de Uberlândia)
Ari Sauer Guimarães (UFRJ)
Carlos Henrique Figueiredo Alves (CEFET/RJ)
Dayse Haime Pastore (CEFET/RJ)
Ivani de Souza Bott (PUC/RJ)
Marcelo Borges Rocha (CEFET/RJ)
Maurício Motta (CEFET/RJ)

Editoria

Diretoria de Gestão Estratégica

Revisão

Marcelo Sampaio Dias Maciel

Biblioteca Central

Angela Carreiro Nolasco

Projeto Gráfico/Diagramação

Divisão de Programação Visual - DPROV
Fernando da Silveira Bracet
Isabela Menezes

Impressão

Setor Gráfico do CEFET/RJ

Observações

Os conteúdos dos artigos publicados nesta Revista são de inteira responsabilidade de seus autores. Proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem autorização dos autores.

Tecnologia & Cultura. _ Nº 22, Ano 15 (jul./dez. 2013) -
Rio de Janeiro : Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2013.
v. : il.; 28 cms.

Semestral
ISSN 1414-8498

I. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca

A VISÃO DA RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL PELOS GRUPOS DE EXTENSÃO DO CEFET-RJ.	7
Guilherme França Cascão Flor Aline Guimarães Monteiro Trigo	
PROJETO “P&D”: DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS COMPORTAMENTAIS NO CAMPUS ANGRA DOS REIS	16
Mauro Barros da Silva Haroldo Pereira Gomes Andrea Heidenreich Bernardes	
AValiação DA IMPLANTAÇÃO DO ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DO SETOR CERÂMISTA DE ITABORAÍ-RJ	24
Antonio José Caulliraux Pithon José Luiz Fernandes Andréa Sousa da Cunha Fernandes	
PROPOSTAS DE ENSINO COM A APLICAÇÃO DA TEMÁTICA ALIMENTOS EM AULAS DE QUÍMICA	35
Carlos Alberto Andrade Monerat Ana Paula Inacio Diório Marcelo Borges Rocha	
MODELAGEM MATEMÁTICA DA IMUNOLOGIA DE HIV: O ESTUDO DAS CÉLULAS DE DEFESA ATIVADAS	42
Camila Vianna de Magalhaes Roberto Carlos Antunes Thomé, DSc. Dayse Haime Pastore, DSc. Hyun Mo Yang, DSc.	
O USO DE POLIQUETAS COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO POR PETRÓLEO NA ENSEADA DE BOTAFOGO, RJ.	49
Anderson de O. Elias Junior Marcelo B. Rocha Adriana Haddad Nudi	
MODELAGEM EM ELEMENTOS FINITOS DE COLUNAS DE AÇO ESBELTAS ESTAIADAS E PROTENDIDAS.	58
Samuel R. de Almeida Ricardo R. de Araujo Pedro C. G. da S. Vellasco Luciano R. O. de Lima Sebastião A. L. de Andrade	
TÉCNICA DE CONTROLE APLICADA AO EFEITO DA SONOLUMINESCÊNCIA	70
Rafael de O. Garcia Ana Lúcia Ferreira de Barros Décio Castro Alessandro Rosa Lopes Zachi	

APRESENTAÇÃO

Prezados membros da comunidade acadêmica, servidores e pesquisadores do Cefet/RJ e de universidades e escolas do Brasil, é com satisfação que o apresentamos mais um número de nossa revista Tecnologia & Cultura, dando seguimento a um ciclo iniciado há 15 anos.

Importante ressaltar que o esforço empreendido nesta gestão, apoiando os grupos de pesquisa e a pós-graduação do Cefet/RJ, produz seus frutos, gerando pesquisa de qualidade e, conseqüentemente, mais suporte para nossos cursos lato e stricto sensu, realimentando um ciclo virtuoso, com mais produção acadêmica.

Nossa revista faz parte desse processo, divulgando trabalhos de nossos pesquisadores e de universidades irmãs, apresentando a relevância de nossa instituição para o ensino e a pesquisa no Brasil.

Confiamos no aprimoramento da qualidade das publicações científicas de nosso periódico, ao qual aspiramos elevar a classificação qualis aos padrões mais elevados das revistas acadêmicas brasileiras.

Reforçamos o desejo de que todos os membros da comunidade do Cefet/RJ e instituições parceiras considerem os trabalhos divulgados e submetam suas pesquisas para futuras edições de nossa revista.

Boa leitura a todos.

Atenciosamente,

Prof. DSc. Carlos Henrique Figueiredo Alves
Diretor-Geral do CEFET/RJ



A VISÃO DA RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL PELOS GRUPOS DE EXTENSÃO DO CEFET-RJ.

Guilherme França Cascão Flor

Aline Guimarães Monteiro Trigo

RESUMO: Uma grande preocupação das organizações que buscam as melhores práticas de gestão é a promoção e a consolidação da responsabilidade socioambiental em suas atividades, bem como a constituição de seus parceiros. Considerando a importância de definir os parceiros que são os atores do ambiente, este trabalho também identifica as premissas e os princípios norteadores para o alcance da responsabilidade socioambiental. Tendo como “case” o Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ analisa-se a incorporação da responsabilidade socioambiental por um dos parceiros da instituição de ensino, que são os grupos de extensão: CEFET Jr. Consultoria, Enactus CEFET/RJ e Turma Cidadã. Conclui-se que as atividades dentro dos projetos de extensão se enquadram como sendo ações de responsabilidade socioambiental, pelo fato de conciliarem a inclusão social, a preservação do meio ambiente e gerar oportunidades econômicas.

Palavras-chave: Responsabilidade socioambiental. Desenvolvimento sustentável. Grupos de extensão.

ABSTRACT: A major concern for organizations seeking best management practices is the promotion and consolidation of social and environmental responsibility in their activities, and the establishment of its partners. Considering the importance of defining the partners who are the actors in the surrounding, this work identifies the assumptions and guiding principles for the achievement of social and environmental responsibility. Using the “case” of the Federal Center of Technological Education Celso Suckow da Fonseca - CEFET / QC we analyze the incorporation of social and environmental responsibility by one of the partners of the educational institution, which are the extension of groups: CEFET Jr. Consulting, Enactus CEFET / RJ and Class Citizen. We conclude that the activities within extension projects are frames as social and environmental responsibility actions, because they reconcile social inclusion, preserving the environment and generate economic opportunities.

Keywords: Social and environmental responsibility. Sustainable development. Extension of groups.

INTRODUÇÃO

A responsabilidade social das empresas tem-se tornado um dos temas de gestão empresarial mais debatido e propagados, aumentando cada vez mais a sua importância na estratégia competitiva das empresas e na avaliação do seu desempenho. As empresas atualmente se veem num cenário de negócios cada vez mais complexo, onde oferecer qualidade e preço competitivo não é mais suficiente, onde obedecer às leis e pagar impostos é pouco. Segundo a autora Fernanda Gabriela Borger (2006, p.33) “as companhias de sucesso serão cada vez mais pressionadas para olhar intensamente o impacto de suas operações dentro e fora de suas paredes institucionais e, cuidadosamente, verificar os impactos de suas ações e políticas em seus clientes, empregados, comunidades e na sociedade como um todo”.

A mesma autora (2006, p. 35) ainda relata que, “não há consenso sobre o significado da responsabilidade social e as implicações para gestão das organizações com relação à sua inclusão no dia-a-dia das empresas”. Pelo público, a responsabilidade social tem sido encarada como uma contribuição social voluntária das empresas, com destaque para a atuação das empresas junto à comunidade, sem considerá-la como parte integrante da gestão das empresas.

É raro de encontrar as questões sociais e ambientais indissociáveis, portanto as questões ambientais devem ser tratadas como integrante da responsabilidade social, o que é uma boa razão para empregar o termo da responsabilidade socioambiental.

Surge, portanto, um grande desafio para que as organizações pública e privada busquem as melhores práticas de gestão através da promoção e da consolidação da responsabilidade socioambiental em seus novos negócios, bem como na constituição de suas parcerias. A relação com um parceiro torna-se importante, pois não se limita única e exclusivamente à organização, mas se estende a todos aqueles que participam de suas atividades. Pretende-se, como proposta deste trabalho, analisar a incorporação da responsabilidade socioambiental nas atividades de um dos parceiros (*stakeholders*) da instituição de ensino superior que são os grupos de extensão.

Como uma instituição de ensino, a preocupação e a conscientização sobre as questões sociais e ambientais devem fazer parte de seu cotidiano. Nesse sentido, a extensão do CEFET-

-RJ tem como objetivos (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2005, p.8):

- ser continuamente um sistema aberto à sociedade;
- a participação nos movimentos sociais;
- o fomento do desenvolvimento da ciência e da tecnologia no sentido da perspectiva da promoção humana;
- a formação de cidadãos-profissionais capazes de colocar, individual e coletivamente, o conhecimento científico-tecnológico adquirido a serviço do desenvolvimento político, econômico e social do espaço em que vivem.

A atividade de extensão deve estar associada ao ensino, para uma formação contextualizada nas questões sociais contemporâneas, e à pesquisa, quando a mesma produz ferramentas de intervenção no contexto social, bem como a extensão pode atender àquelas realidades conhecidas via pesquisa.

(...) formar e qualificar profissionais no âmbito da educação tecnológica, nos diferentes níveis e modalidades de ensino, para os diversos setores da economia, bem como realizar pesquisa aplicada e promover o desenvolvimento tecnológico de novos processos, produtos e serviços, em estreita articulação com os setores produtivos e a sociedade, especialmente de abrangência local e regional, oferecendo mecanismos para a educação continuada (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2005, p. 15).

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa que retrata um nível de realidade que não pode ser quantificado, pelo contrário, onde se trabalha com dados subjetivos, valores e opiniões (LAKATOS, MARCONI, 2003). Quanto aos procedimentos, a pesquisa é classificada como um estudo de caso, que investiga o fenômeno – responsabilidade socioambiental - dentro de um contexto local e real (GIL, 1999), que são os grupos de extensão dentro do CEFET/RJ, formados por alunos da graduação da instituição de ensino.

ATORES DO AMBIENTE

Definição consolidada por Nascimento et al. (2008), os “atores do ambiente” devem contribuir para o funcionamento do sistema

onde se inserem. São eles: os fornecedores, os intermediários de mercado, os concorrentes, os *stakeholders* ou grupos de interesse e os clientes. Ainda segundo o autor (2008, p. 15), os gestores de uma organização “precisam ter em mente que a sua organização não é um corpo isolado, mas um elo de um sistema que pode contribuir para o melhor funcionamento deste, como também pode sofrer as consequências do que ocorrer com os demais atores do microambiente”. No futuro das organizações, os atores do ambiente terão tanto poder quanto os clientes possuem atualmente.

É importante que as organizações conheçam os atores do ambiente onde atuam, pois isto irá permitir o estabelecimento de relações que poderão melhorar o seu desempenho. Atualmente, cada vez mais as organizações preci-

sam ser transparentes e estabelecer parcerias. Uma instituição de ensino como o CEFET/RJ deve ter atenção com os atores de seu ambiente. Nesse estudo, o foco se dá nos *stakeholders* que são, portanto, aqueles que podem afetar ou ter o seu interesse afetado pelo funcionamento, desempenho e resultados presentes e futuros da organização em questão.

No ambiente de uma instituição de ensino, cada um dos agentes internos e externos é considerado como um *stakeholder*: professores, funcionários (técnicos-administrativos), alunos, pais e membros da comunidade (Figura 1). Esses agentes interagem no processo de planejamento e execução dos processos administrativo-pedagógicos da escola dentro de um modelo de gestão escolar participativa.

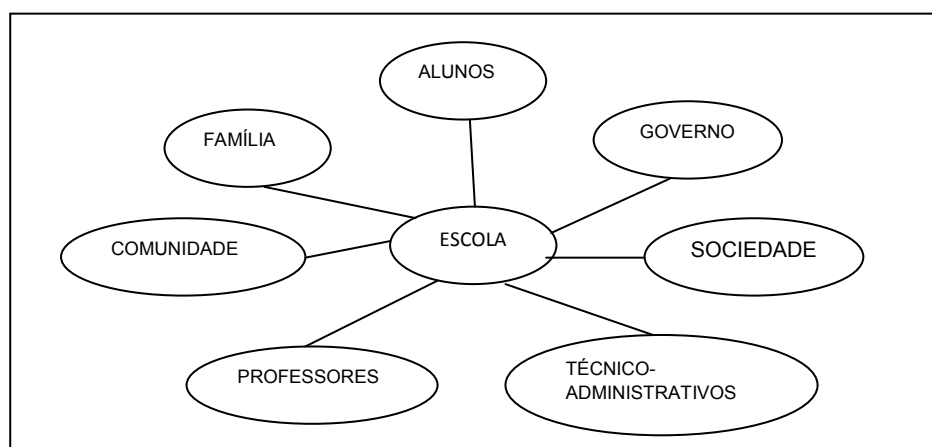


Figura 1 - Stakeholders de uma Instituição de Ensino (BRITO; CARNIELLI, 2011).

Barroso (2003) afirma que a promoção de uma gestão educacional democrática e participativa está relacionada ao compartilhamento de responsabilidades no processo de tomada de decisão entre os diversos níveis e segmentos do sistema educacional, onde cabe ao gestor buscar parcerias com todos os *stakeholders* envolvidos. As responsabilidades incluem:

(...) desenvolver estratégias; definir missões; estabelecer metas e objetivos; dimensionar recursos; planejar as aplicações desses recursos; efetuar análises de cenários e promover diagnósticos; solucionar problemas; impulsionar o processo de inovação organizacional constante; aplicar e gerenciar conhecimento e agregar valor aos serviços prestados (BRITO; CARNIELLI, 2011,p.30).

O SURGIMENTO DA RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Quando se fala em responsabilidade social, não se deve pensar apenas em filantropia, pois “ser socialmente responsável” vai além.

Ter a capacidade de ouvir os interesses das diferentes partes (acionistas, funcionários, prestadores de serviço, fornecedores, consumidores, comunidade, governo e meio ambiente) e de conseguir incorporá-los no planejamento de suas atividades, buscando considerar as demandas de todos e não apenas dos acionistas ou proprietários (GARNIER, 2008, p.4).

Com isso, a responsabilidade social resgata a função social da organização que tem como objetivo a promoção de relações do público da empresa.

De acordo com o instituto ETHOS (2010), a responsabilidade social empresarial é a forma de gestão que se define pela relação ética e transparente da empresa com todos os públicos com os quais ela se relaciona e pelo estabelecimento de metas empresariais compatíveis com o desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais para as gerações futuras, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais.

Já a norma NBR 16001 (Sistema de Gestão de Responsabilidade Social) estabelece requisitos mínimos relativos a um sistema de gestão da Responsabilidade Social, permitindo à organização formular e programar uma política e objetivos que levem em conta as exigências legais, seus compromissos éticos e sua preocupação com a promoção da cidadania e do desenvolvimento sustentável, além da transparência das suas atividades (MELO; GOMES, 2007).

Em nível internacional, a norma de diretrizes sobre responsabilidade social ISO 26000, que é aplicável a todos os tipos e portes de organizações (pequenas, médias e grandes) e de todos os setores (governo, ONG's e empresas privadas), expressa o conceito de responsabilidade social:

(...) pelo desejo e pelo propósito das organizações em incorporar aspectos socioambientais em seus processos decisórios e a responsabilizar-se pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente. Isso implica em um comportamento ético e transparente que contribua para o desenvolvimento sustentável, que esteja em conformidade com as leis aplicáveis e seja consistente com as normas internacionais de comportamento. Também mostra que a responsabilidade social deve estar integrada em toda a organização, seja praticada em suas relações e leve em conta os interesses das partes interessadas (INMETRO, 2010, p. 12).

Conclui-se que, ao se falar na gestão e diretrizes de responsabilidade social, tanto o instituto ETHOS, a NBR 16001 quanto a ISO 26000 estabelecem uma forma de gestão que se define pela relação ética e transparente da empresa com todos os seus *stakeholders*, que contribua para a promoção da cidadania e do desenvolvimento sustentável, e que permita formular políticas e objetivos que atendam às exigências legais e seja consistente com as normas internacionais de comportamento.

Integrando as questões ambientais com as sociais, a Responsabilidade Socioambiental (RSA) pode ser adotada por empresas públicas e privadas com o objetivo de conciliar a inclusão social e a conservação do meio ambiente. LIMA (2006) traz uma definição que diz respeito à forma de condução dos negócios de uma organização que tem como foco o desenvolvimento sustentável.

A empresa com RSA deve adotar um processo de gestão comprometido com as demandas – econômicas sociais e ambientais dos diferentes públicos envolvidos e/ou afetados pelo negócio – acionistas, funcionários, meio ambiente (com o sentido de gerações futuras), clientes, comunidades, governos, fornecedores e concorrentes (LIMA, 2006, p. 11).

Premissas e princípios norteadores

Segundo pesquisa realizada por LIMA (2006), são três as premissas para que uma organização alcance a responsabilidade socioambiental. A primeira é o atendimento aos princípios norteadores, que são:

- *Cumprimento legal;*
- *Atendimento as demandas relevantes das partes interessadas estratégicas, como por exemplo, as demandas dos clientes que são os produtos ou serviços com qualidade que a organização oferece ou os interesses dos funcionários que são as boas condições dentro do ambiente de trabalho, entre outros;*
- *Atendimento aos tratados nacionais e internacionais de RSA (LIMA, 2006, p.24).*

A outra premissa refere-se ao atendimento à visão e à missão da companhia. Isso significa que os projetos responsáveis socioambientalmente devem estar relacionados à visão e à missão da companhia (LIMA, 2006). Cabe lembrar que a missão “representa a razão de existência de uma organização e a abrangência ao propósito básico da organização, transmitindo seus valores a funcionários, clientes, fornecedores e a sociedade”. Quanto à visão de uma organização, esta deve ser a “situação futura desejada em longo prazo, dever ser uma meta ambiciosa, e servir como um guia para a definição dos objetivos e a realização da missão” (ANDRADE, 2002).

A terceira premissa da responsabilidade socioambiental é a vinculação às atividades da

empresa (LIMA, 2006). Portanto, para que uma organização seja socioambientalmente responsável é necessário que os projetos possuam vínculo com as atividades da organização.

Quanto aos tratados, tanto nacional como internacional, retratados na primeira premissa, esses abrangem diversos interesses, como bélicos, culturais, comerciais, ambientais, entre outros. Reconhecemos a importância dos tratados como sendo a fonte do direito internacional e principalmente por ser o meio de desenvolver a cooperação entre as nações. Para a responsabilidade socioambiental, os tratados atuam como uma forma de divulgação e fortalecimento do conceito no âmbito mundial.

O Pacto Global da Organização das Nações Unidas (ONU) é uma iniciativa de responsabilidade corporativa planejada para empresas comprometidas em alinhar suas operações e estratégias com os dez princípios universalmente aceitos nas áreas de direitos humanos, trabalho, meio ambiente e combate à corrupção. Assim, as corporações, que são os principais agentes da globalização, podem ajudar a garantir que organizações de mercado, comércio, tecnologia e finanças progredam de maneira a beneficiar as economias e sociedades em todos os lugares.

Os dez princípios são: (PACTO GLOBAL REDE BRASILEIRA, 2012)

1. Respeitar e proteger os direitos humanos;
2. Impedir violações de direitos humanos;
3. Apoiar a liberdade de associação no trabalho;
4. Abolir o trabalho forçado;
5. Abolir o trabalho infantil;
6. Eliminar a discriminação no ambiente de trabalho;
7. Apoiar uma abordagem preventiva aos desafios ambientais;
8. Promover a responsabilidade ambiental;
9. Encorajar tecnologias que não agredem o meio ambiente;
10. Combater a corrupção em todas as suas formas, inclusive extorsão e propina.

Outro exemplo de tratado internacional é a Declaração do Milênio. Ratificada no ano de 2000, reúne os planos de todos os Estados-Membros da ONU, para melhorar a vida de todos os habitantes do planeta no século XXI. A Figura 2 ilustra os oito objetivos da ONU apresentados na Declaração do Milênio (PNUD Brasil, 2010).



Figura 2 - Oito objetivos do Desenvolvimento do Milênio (PNUD Brasil, 2010).

Outro acordo internacional é o Protocolo de Quioto. Criado no âmbito da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas foi aprovado na cidade de Quioto, no Japão, em 1997 e entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. Seu principal objetivo é estabilizar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e assim frear o aquecimento global e seus possíveis impactos (PNUD Brasil, 2010).

ESTUDO DE CASO: CEFET/RJ

O Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) tem por finalidade formar e qualificar profissionais no âmbito da educação tecnológica, nos diferentes níveis e modalidades de ensino para os diversos setores da economia.

O CEFET/RJ expandiu-se academicamente e também em área física. Hoje, a instituição conta com uma unidade-sede (Maracanã), e sete unidades de ensino descentralizadas – uma em Nova Iguaçu, município da Baixada Fluminense; outra em Maria da Graça, bairro da cidade do Rio de Janeiro e cinco outras nos municípios de Petrópolis, Nova Friburgo, Itaguaí, Valença e Angra dos Reis. Sua atuação educacional inclui a oferta regular de cursos de ensino médio e de educação profissional técnica de nível médio, cursos de graduação (superiores de tecnologia e bacharelado), cursos de mestrado e doutorado, além de atividades de pesquisa e de extensão.

Os grupos de extensão compreendem atividades oferecidas pela Instituição de Ensino à comunidade que possibilitam a aplicação dos conhecimentos adquiridos na faculdade. Participando das atividades de extensão, os alunos ganham a oportunidade de vivenciar um confronto de realidades distintas, a partir do contato com a comunidade. A CEFET Jr. Consultoria, Enactus CEFET/RJ e Turma Cidadã são os exemplos mais significativos, duradouros e consolidados de atividades de extensão do CEFET/RJ e que possuem projetos sociais e ambientais.

A CEFET Jr. Consultoria é uma entidade civil, sem fins lucrativos, de natureza social, educacional, cultural e tecnológica. Possui como diferença marcante, o fato de ser constituída e gerida por alunos de graduação do CEFET/RJ. Seu principal fim é, sob a orientação de docentes especialistas, desenvolver estudos, análises e diagnósticos dentro de sua esfera de abrangências (administração e engenharia), capazes de se constituírem em soluções para as demandas de empresas, entidades e da sociedade em geral. Em mais de dez anos de existência, a CEFET Jr. tem deixado a sua marca não apenas através de seus projetos, mas também por ser determinante ao formar novos talentos, compartilhar conhecimentos, proporcionar experiências e, acima de tudo, construir valores (CEFET Jr., 2012).

Missão: Oferecer soluções que atendam as necessidades do cliente e da sociedade, de modo a possibilitar o aprendizado dos membros e inserir profissionais diferenciados no mercado.

Visão: Ampliar a participação no mercado a partir da qualidade dos serviços e de diferenciais competitivos, de modo a tornar-se referência entre as Empresas Juniores.

Valores: Comprometimento; Planejamento; Orgulho de ser CEFET Jr.; Profissionalismo; Busca por Conhecimento; Busca por ex-

celência; Comunicação; RSA; Espírito de equipe; Visão Sistêmica (CEFET Jr, 2012).

A Enactus é uma organização sem fins lucrativos, presente em 39 países, com a participação de 60.000 estudantes, em mais de 1.600 universidades ao redor do mundo. No Brasil, existem 20 times Enactus, formados por mais de 600 estudantes. O time Enactus CEFET/RJ é composto por equipes de alunos do campus Maracanã e participam de projetos voltados para o desenvolvimento de problemas da sociedade, com foco nas vertentes econômica, social e ambiental, aproveitando e aprimorando o conhecimento do cotidiano dos cursos oferecidos no CEFET/RJ e do mundo dos negócios (ENACTUS CEFET/RJ, 2012).

Missão: Desenvolver projetos empreendedores sociais que atinjam comunidades com necessidades socioambientais e econômicas, prezando sempre pela sustentabilidade do negócio e pelo desenvolvimento das habilidades dos beneficiados. Além de criar um ambiente de desenvolvimento profissional para universitários baseando-se na tríplice: negócios, carreira e liderança.

Visão: Ser referência na região Sudeste para investidores, comunidades e alunos, desenvolvendo projetos e pessoas com excelência (ENACTUS CEFET/RJ, 2012).

O Programa Turma Cidadã (PROTC) é a outra iniciativa do CEFET/RJ, cujo objetivo é implantar uma cultura de responsabilidade sociopessoambiental, através de ações internas e externas, de dimensão nacional e internacional. Apoiar-se nos princípios da cidadania e fundamentar-se na construção do conhecimento, teórico e prático, da responsabilidade socioambiental, integrando as vertentes: ensino, pesquisa e extensão (TURMA CIDADÃ, 2012).

Tem como missão, desenvolver ações, de dimensão local e global, resultantes da pesquisa, ensino e extensão, produzidas pela comunidade CEFET-RJ, em parceria com pessoas físicas e jurídicas.

Sua visão é tornar-se um referencial de instituição educacional, em responsabilidade sociopessoambiental, promovendo flexibilidade curricular nas ações de indissociabilidade das vertentes: pesquisa, ensino e extensão.

O PROTC elegeu como mote gerador a expressão: Pensar globalmente, agir localmente e conviver transculturalmente (TURMA CIDADÃ, 2012).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realizar o presente estudo, adotou-se a pesquisa bibliográfica e a pesquisa de campo, optando pela entrevista que permite a compreensão detalhada das atividades e ações. Com este recurso, Gil (1999) afirma que o pesquisador pode formular perguntas com o objetivo de obter dados que interessam na investigação. Uma espécie de roteiro que facilita a comunicação.

Por meio de entrevistas com os representantes das iniciativas/ projetos que se encontram ligados aos grupos de extensão do CEFET/RJ: CEFET Jr. Consultoria, Enactus CEFET/RJ e Turma Cidadã, verifica-se a incorporação da responsabilidade socioambiental nestas atividades, fazendo uso de quatro perguntas que demonstram a importância da temática desenvolvida dentro da academia:

- 1- O que é a responsabilidade socioambiental em sua opinião?
- 2- O que é necessário para que o projeto seja de responsabilidade socioambiental?
- 3- Quais são os projetos de responsabilidade socioambiental da organização?
- 4- Que benefícios eles trazem para a comunidade?

Para analisar as respostas, procurou-se “recortes” que denotassem os preceitos da responsabilidade socioambiental. A técnica utilizada é conhecida por Análise de Conteúdo (BARDIN, 2004).

RESULTADOS

Partindo da ideia que a Responsabilidade Socioambiental dentro de uma empresa é caracterizada por atitudes éticas e transparentes perante seus clientes, funcionários, parceiros e sociedade, a CEFET Jr. Consultoria em 2006 colocou em funcionamento seu Núcleo de Responsabilidade Socioambiental (NRS). Objetivando não somente desenvolver a preocupação socioambiental dos membros da empresa, mas também transformar essas preocupações em atos. Para a coordenadora do NRS Caroline de Mello, a responsabilidade socioambiental significa:

(...) realizar ações que contribuam para uma sociedade ambientalmente consciente e praticante. E também mais justa em todos

os quesitos: educação, saúde, lazer, entre outros.

Alguns projetos desenvolvidos para atender a sociedade e a comunidade escolar, atualmente, pelo NRS são: as cartilhas, que trazem dicas sobre uma alimentação saudável, a realização de atividades físicas, práticas de primeiros socorros, entre outros, que ajudam na vida pessoal quanto profissional dos membros; o ‘Você Sabia?’, que propaga algumas notícias sobre a responsabilidade socioambiental e é publicado na página (internet) da CEFET Jr. Consultoria e nas redes sociais e as ações assistencialistas, que se verificam com a visita a Organizações Não Governamentais, buscando minimizar alguns problemas pontuais da sociedade, como falta de alimentos, livros, etc.(CEFET Jr., 2012).

Já, para Luiz Guilherme Vianna, vice-presidente da ENACTUS CEFET/RJ, responsabilidade socioambiental é:

A responsabilidade que a empresa tem com o meio ambiente, e com a sociedade, além das obrigações financeiras e legais.

Os projetos visam atender comunidades com necessidades específicas, buscando uma melhoria na sua economia. São eles: Transformar, “que, em parceria com a Associação de Moradores da Colônia Z-10, pretende transformar a comunidade, tornando-a capaz de resolver os problemas locais de maneira sustentável”; o Projeto Reliqua, “que visa modificar a vida dos ex-catadores de Jardim Gramacho, com a elaboração de uma usina de compostagem, possibilitando um profissão digna para aqueles que perderam seu trabalho com o fechamento do aterro” e o Projeto Reinventar, que consiste em trabalhar com dependentes químicos em tratamento, por meio de atividades terapêuticas, garantindo-os melhores oportunidades de trabalho ao saírem dos centros de reabilitação. Com o aprendizado de técnicas de reciclagem de materiais usualmente descartados, os indivíduos se tornam capazes de produzir e vender vassouras, pufes e sabões. O lucro gerado é direcionado às clínicas que investem na melhoria do atendimento, além de incentivar os beneficiados a garantir sua independência, mostrando como eles são capazes de reinventar suas vidas (ENACTUS CEFET/RJ, 2012).

Para o Coordenador da Turma Cidadã do CEFET/RJ, o professor Silvino Netto, a definição de responsabilidade socioambiental não se limita apenas a vertente socioambiental.

(...) a concepção de responsabilidade não se limita ao social e ao ambiental, mas, também ao pessoal. Por isso, criamos a terminologia responsabilidade sociopessoambiental. Assim, conceituaríamos da seguinte forma: É a consciência, que se expressa em ações concretas, da relação de sustentabilidade consigo mesmo, com o outro e com o meio ambiente.

A Turma Cidadã apresenta uma carta muito ampla de projetos, mas dois se destacam por abrangerem a concepção de responsabilidade sociopessoambiental, são eles: CEFET SOLIDARIO "A REGIÃO SERRANA", concebido para atender à demanda resultante do maior desastre natural ocorrido no Brasil, naquela região, em janeiro de 2011 e o Projeto COPARCERIAS, constituído por um elenco de 12 subprojetos, elaborados pelos alunos da disciplina Responsabilidade Social, inserida na matriz curricular do CEFET/RJ por proposição da própria Turma Cidadã. O objetivo do Projeto COPARCERIAS é promover uma sociedade de convívio sustentável que preocupada com as futuras gerações, possa contribuir para o legado social, pessoal, ambiental e econômico a partir dos megaeventos esportivos que acontecerão no Brasil, em 2016. Este projeto já alcança dimensão internacional, a exemplo do que ocorreu na Semana de Extensão de 2012, com a vinda de uma Delegação Inglesa, que se constitui num *Podium* para prestar apoio acadêmico aos futuros eventos brasileiros, a partir da experiência obtida com os Jogos Olímpicos e Paraolímpicos de Londres. Esta delegação esteve no Brasil e conheceu o projeto COPARCERIAS. Convidou a equipe brasileira a ir a Londres e conhecer as ações do *Podium*, principalmente nas áreas de segurança, transporte e voluntariado (TURMA CIDADÃ, 2012).

De acordo com as definições de responsabilidade socioambiental apresentadas pelos representantes dos grupos analisados, concluiu-se que as atividades de extensão no CEFET/RJ se enquadram como sendo ações de responsabilidade socioambiental, pelo fato de conciliar a inclusão social, a preservação do meio ambiente e gerar oportunidades econômicas. Dessa forma, são percebidas as vertentes

do Desenvolvimento Sustentável no contexto da responsabilidade socioambiental. Além de apresentarem uma transparência em suas ações, o que contribui para a promoção da cidadania dentro da instituição e também na sociedade.

Os grupos de extensão em análise são geridos por alunos da graduação do CEFET/RJ, que veem os respectivos projetos como uma oportunidade de aplicar seu conhecimento teórico a serviço da comunidade escolar e da sociedade. Verificou-se também que os projetos/atividades de cada um dos grupos de extensão estão alinhados com a missão e a visão dos respectivos grupos de extensão. Enfim, os projetos são determinantes na formação de futuros profissionais, hoje alunos do CEFET/RJ, pois colocam, individual e coletivamente, o conhecimento científico e tecnológico à disposição do desenvolvimento político, econômico e social do ambiente em que vivem.

CONCLUSÕES

Este trabalho permite mostrar que a organização, que busca práticas/ projetos que consolidem a responsabilidade socioambiental, consegue atender a demanda de seus *stakeholders*, demonstrando a indissociabilidade das questões sociais e ambientais em seus projetos e o alinhamento com as premissas e princípios norteadores da RSA.

Através do estudo de caso realizado com os grupos de extensão do CEFET/RJ, observou-se o comprometimento de um dos atores (*stakeholders*) em relação ao tema de estudo, a partir da conciliação da preservação ambiental, da inclusão social com as oportunidades econômicas que surgem por meio dos projetos socioambientais desenvolvidos.

Conclui-se, assim, que os grupos de extensão estão no caminho certo no que diz respeito à RSA, melhorando gradativamente a sua imagem pública como uma organização eticamente responsável, reconhecida e valorizada por todos.

Referências bibliográficas

- ANDRADE, Arnaldo Rosa. **Planejamento Estratégico**: Formulação, Implementação e Controle. Blumenau, 2002. 30 f. Trabalho de Administração – Curso Administração, Fundação Universitária de Blumenau (FURB).
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: edições 70, 2004.
- BARROSO, João. O reforço da autonomia das escolas e a flexibilização da gestão escolar em Portugal. In: Ferreira, N.S.C. (org). **Gestão democrática da educação**: atuais tendências, novos desafios. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- BORGER, F. G. **Responsabilidade social: efeitos da atuação social na dinâmica empresarial**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. 258 p.
- BRITO, R.O.; CARNIELLI, B.L. Gestão participativa: uma matriz de interações entre a escola e a comunidade escolar. **Revista Eletrônica de Educação**. São Carlos, SP: UFSCar, v. 5, no. 2, p.26-41, nov. 2011. Disponível em: <<http://www.reveduc.ufscar.br>>. Data: 8 de junho de 2013.
- CEFET Jr. CEFET Jr. Consultoria. Disponível em: <<http://www.cefetjrconsultoria.com.br/>>. Data: 6 de setembro de 2012.
- ENACTUS CEFET/RJ. Disponível em: <<http://enactuscefet.org/index.php/equipe>>. Data: 1 de dezembro de 2012.
- ETHOS. **Empresas e Responsabilidade social**. 2010. Disponível em: <<http://www3.ethos.org.br/>> Data: 4 de maio de 2013.
- GARNIER, C. A. **Responsabilidade social e ambiental da empresa**. São Paulo: Cened, 2008. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=571&class=21>>. Data: 13 de janeiro de 2011.
- GIL, A.C. **Métodos e técnicas em pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- INMETRO. **ISO 26000 Diretrizes sobre Responsabilidade Social**. 2010. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/iso26000.asp> Acesso em 3 fev. 2013
- LABORATÓRIO INTERDISCIPLINAR DO MEIO AMBIENTE (LIMA). **Plano de Responsabilidade Social e Ambiental e Social para a Petrobras Distribuidora S.A.** LIMA/COPPE/UFRJ. Petrobras Distribuidora S.A. 2006
- LAKATOS, E M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- MELLO, Caroline. **Depoimento sobre Responsabilidade socioambiental**. CEFET Jr. Consultoria. Dez. 2012
- MELO, Cristiana Malfacini; GOMES, Eduardo Rodrigues. **NBR 16001**: a norma brasileira de gestão da responsabilidade social. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, Gestão Social e Ambiental, 3, 2007.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Estatuto do CEFET-RJ**. Portaria no 3.796, 1 de Novembro de 2005. Disponível em: <http://portal.cefet-rj.br/files/instituicao/outros/novo_estatuto.pdf> Data: 3 de maio de 2013.
- NASCIMENTO, L.F. et al. **Gestão Socioambiental Estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- PACTO GLOBAL DA REDE BRASILEIRA. **10 Princípios empresariais para Transformar o planeta**. Disponível em: <<http://www.pactoglobal.org.br/dezPrincipios.aspx>> Data: 10 de Setembro de 2012.
- PNUD Brasil. **Os objetivos do Desenvolvimento do Milênio**. 2010. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/ODM.aspx>> Data: 15 setembro de 2012.
- SILVINO NETO. **Depoimento sobre Responsabilidade socioambiental**. TURMA CIDADÃ. Dez. 2012
- TURMA CIDADÃ. **Programa Turma Cidadã**. Disponível em: <<http://turmacidada.cefet-rj.br/>> Data: 12 de setembro de 2012.
- VIANNA, L.G. **Depoimento sobre Responsabilidade socioambiental**. ENACTUS CEFET/RJ. Dez. 2012.

Agradecimento:

Ao programa CEFET/RJ-PIBIC pela oportunidade de realizar esta pesquisa

Dados dos autores:

Guilherme França Cascão Flor – Graduando em Engenharia de Produção do CEFET/RJ. Bolsista CEFET/RJ. Email: guilherme.fcf@gmail.com

Aline Guimarães Monteiro Trigo - Doutora e Mestre em Planejamento Ambiental pela COPPE/UFRJ, Licenciatura em Química pela UERJ, Engenheira Química pela UFRJ. Docente do Magistério Superior do CEFET/RJ – Campus Maracanã. Email: amonteiro@cefet-rj.br

PROJETO “P&D”: DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS COMPORTAMENTAIS NO CAMPUS ANGRA DOS REIS

Mauro Barros da Silva

Haroldo Pereira Gomes

Andrea Heidenreich Bernardes

RESUMO: Este trabalho descreve o processo de implantação de uma disciplina de caráter humanístico na grade curricular do curso de mecânica industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, em sua Unidade Educacional Descentralizada, na cidade de Angra dos Reis - RJ. A nova disciplina, devido às suas características e áreas de abrangência, foi denominada “Projeto Pesquisa e Desenvolvimento – P&D”. O objetivo específico da disciplina, agora denominada “Projeto”, foi incentivar os alunos à pesquisa científica e à aplicada, desenvolvendo o senso de responsabilidade profissional e orientando-os para um comportamento adequado às novas exigências, tanto do mundo do trabalho, quanto do exercício da cidadania

Palavras-chave: Pesquisa, Desenvolvimento, competências, Cidadania Educação.

ABSTRACT: This paper describes the process of deploying a character humanistic discipline in the curriculum of industrial mechanics course at the Federal Center of Technological Education Celso Suckow da Fonseca - CEFET / RJ in his Decentralized Educational Unit in the city of Angra dos Reis - RJ. A new discipline, due to its features and coverage areas, was called “Project Research and Development - R & D”. The specific objective of the discipline, now called “Project” was to encourage students to scientific research and applied, developing a sense of professional responsibility and guiding them to appropriate behavior to the new demands of both the world of work, as the year citizenship.

Keywords: Research, Development, skills, Citizenship Education.

1. INTRODUÇÃO

O Campus Angra dos Reis do CEFET/RJ, de formação especificamente tecnológica, foi inaugurado em agosto de 2010, visando a atender, em sua capacidade máxima, a um público de 1500 alunos nos Cursos Técnicos e Graduações em Engenharia. O Curso Técnico em Mecânica foi o primeiro a ser implantado (agosto/2010), estando o de Engenharia Mecânica no seu 1º período (agosto/2013)

O Curso Técnico vem recebendo alunos desde agosto de 2010, tanto através de concurso público, quanto através de convênios firmados entre o CEFET/RJ e a Secretaria Municipal de Educação de Angra dos Reis. Os alunos trazidos através de convênios são oriundos de escolas municipais e estaduais, operantes dentro dos limites geográficos de Angra. Estes são selecionados através de comparação de médias anuais das suas principais matérias. Todos os alunos, concursados ou conveniados, cursam o Ensino Médio em escolas que não o CEFET/RJ. Nesta, como em outras Unidades, o Centro oferece apenas o Ensino Técnico. Esta condição acaba por nos trazer um corpo discente, cujas bases tecnológicas e/ou científicas para os conteúdos das disciplinas específicas apresentam-se de forma variada e irregular.

Ressaltamos aqui que a partir de **29 de agosto de 2012 com a promulgação da Lei 12711** que dispõe sobre “**o ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível médio**” a entrada pelo convênio com o município de Angra dos Reis foi cancelada a fim de atender as cotas sociais e raciais de que trata a referida lei.

A Direção e o Departamento Pedagógico da Unidade, já nas primeiras semanas letivas, após a inauguração da Unidade, perceberam as dificuldades do corpo discente, relacionadas às bases científicas e humanísticas inerentes à formação de um profissional/cidadão, alinhado com o perfil do profissional da chamada “Era do Conhecimento”. A partir desta percepção, foi buscada pela Equipe Gestora da Unidade uma solução, ao mesmo tempo lúdica e eficaz, como tentativa de embasar os alunos para esta nova etapa de suas formações.

A partir de reuniões, nas quais participaram tanto a Direção da Unidade, quanto o Corpo Docente e a Supervisão Pedagógica, decidiu-se pela criação da Disciplina Pesquisa e Desenvolvimento – P&D, posteriormente denominada “Projeto P&D”, na qual seria possível

apresentar uma diversidade de temas e atividades, que solidificariam o conteúdo formador e/ou catalizador das competências hoje exigidas à qualquer profissional/cidadão.

O escopo do projeto foi constituído de maneira a incentivar o desenvolvimento do senso crítico, da curiosidade, da solidariedade, do respeito, da responsabilidade e principalmente da expressão de ideias nos educandos. Dessa forma, a Unidade, além de preparar e formar futuros profissionais para o mercado de produtos e serviços, estará preparando-os também para a cidadania. Sendo imprescindível para o aluno dominar os fundamentos das tecnologias mecânicas para uma colocação qualificada, também se faz necessário, no universo educacional, incentivar nossos jovens ao questionamento e a agregação de novos conhecimentos. Porque é através do conhecimento que podemos transformar o meio em que vivemos e sendo a escola uma instituição que objetiva o desenvolvimento de um conjunto de capacidades, ela também precisa nortear os alunos moral e intelectualmente, dando-lhes condições para transformarem o mundo, como trabalhadores e cidadãos.

Assim, o Projeto P&D deitou-se sobre uma série de atividades semanais que iam desde jogos de palavras cruzadas a visitas guiadas em museus e centros culturais, passando por construção e/ou leitura de textos com debates, produção de eventos, entrevistas com profissionais da área industrial e administrativa, entre outros.

Novos projetos, como feiras tecnológicas, saraus, feiras de troca de livros, debates sobre carreiras e profissões foram sendo implementados, confirmando o caráter inovador e adaptivo do Projeto P&D.

Por fim, entendem os autores que a construção do conhecimento pressupõe a interação dos alunos com outras realidades além da sala de aula e a união dos saberes formais com atividades extracurriculares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Platão, “conhecer é recordar verdades que já existem em nós”. Nesse sentido, a escola assume grande importância e responsabilidade, uma vez que a ela caberá a missão de despertar no educando a busca pelo conhecimento.

Platão, filósofo grego que viveu entre 428 a.C. a 348 a.C., na cidade-estado de Atenas,

discorreu várias vezes sobre pedagogia. O seu método valorizava os debates e a conversação como formas de alcançar o conhecimento; os alunos deveriam descobrir as coisas superando os problemas impostos pela vida; a educação deveria funcionar como forma de desenvolver o homem moral; a educação deveria dedicar esforços para o desenvolvimento intelectual e físico dos alunos; aulas de retórica, debates, educação musical, geometria e astronomia. O filósofo grego previu, enfim, um sistema de ensino que mobilizava toda a sociedade para formar sábios e encontrar a virtude, porque, para Platão, “toda virtude é conhecimento”.

Paulo Freire (1985) afirma que a *educação não é apenas ensinar a ler, mas ensinar, sobretudo, a fazer uma leitura do mundo*, Assim, quais ações pode o educador realizar para que seu aluno faça não apenas uma leitura fragmentada de sua realidade, mas uma leitura sistêmica do mundo?

Tendo em vista que toda educação é um ato político, como também nos afirma o mesmo Paulo Freire (1994;1996), cabe à escola criar as condições para que os alunos aprendam não somente os conteúdos da grade curricular, mas que também aprendam a transformar o aprendizado em práticas do mundo.

Para Peter Drucker (2001), *vivemos agora a era da informação e do conhecimento; uma nova revolução da informação está em andamento em todas as instituições da sociedade*. Esta revolução ocorre na mudança do próprio indivíduo, uma vez que podemos fornecer a este, todo tipo de informações possíveis, gerando a necessidade de uma percepção crítica, que selecione o que, em verdade, é conhecimento relevante. Assim, embora pareça um equívoco, mas podemos concluir que a nova era não está baseada somente na tecnologia, mas, em sua maior parte, na informação.

Nesse sentido, o papel social da escola culmina na possibilidade de transformação do nosso aluno através de práticas e reflexões que o levem ao exercício da cidadania, em um processo interativo e, especialmente interdisciplinar. A escola, como toda instituição social, tem de dialogar com as coisas que estão acontecendo. Segundo Hernandez (1998) *O mundo atual não é igual àquele de quando nós ou nossos pais frequentaram a escola, portando os processos de globalização da informação e comunicação implicam que a escola reflita sobre sua função e seus objetivos*.

O aluno de hoje não é o mesmo aluno de tempos atrás. Apresenta-se muito mais questionador com relação às suas insatisfações; interfere no processo ensino-aprendizagem; dispõe de muito mais informações que vem a ele através dos mais variados meios de comunicação, principalmente a internet. Não raro, compete com o professor no que diz respeito ao domínio do saber e questiona, de forma mais ativa, sua relação no processo. Para Becker (2001) *O aluno de hoje postula uma renovação profunda da escola – talvez ele não saiba explicitar isso. O professor, com certeza, deve aprender a ler isso no comportamento do aluno*.

Philippe Perrenoud (2011), referência essencial para os educadores em virtude de suas ideias pioneiras sobre a profissionalização de professores e a avaliação de alunos, comenta em entrevista à Universidade de Genebra, que *a escola não pode ser o local onde o conhecimento seja apenas repassado. Ela tem de ser o lugar onde os alunos sejam preparados para a vida em sociedade*. Para o autor *o papel essencial da escola é oferecer ao educando ferramentas para dominar a vida e compreender o mundo*. Dentro deste contexto, Perrenoud propõe a formação de competências na educação. Na abordagem por competências, a escola precisa fazer a ponte entre o conhecimento adquirido e seu uso na vida, não podendo ignorar o que se passa no mundo.

De maneira geral, a abordagem por competências se justifica no fato de que o mundo mudou e modificou expressivamente as formas de produção e a apropriação do conhecimento. A escola também mudou, ela assume uma função social urgente, uma vez que transformações culturais, tecnológicas e sociais delineiam um novo perfil do aluno que a escola deseja transformar.

A Conferência Mundial de Educação para Todos (1990) definiu os quatro pilares da educação: *aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser*. As diretoras curriculares nacionais entenderam assim a necessidade de desenvolver competências e habilidades durante o processo ensino-aprendizagem, ao invés de focar somente o conteúdo conceitual.

Mas, afinal, o que são competências?

Na educação, competência *é a capacidade de mobilização de um conjunto de recursos cognitivos para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações*. (PERRENOUD, 2011). Competência pressupõe operações men-

tais, capacidade de usar habilidades e o emprego de atitudes adequadas à realização de tarefas, conhecimento tão valorizado atualmente pelas empresas.

Para Rabaglio (2001) competência é um conjunto de conhecimentos, habilidades, atitudes e comportamentos que permitem ao indivíduo desempenhar com eficácia determinadas tarefas. Para esta autora, ser competente e ter competência são coisas diferentes. Uma pessoa pode ter sido competente ao ser designada a fazer uma determinada tarefa, mas isso não significa que ela seja sempre competente, ou seja, esta mesma pessoa pode ser designada a fazer uma outra tarefa e não obter o mesmo nível de satisfação. Assim, ser competente está relacionado com um bom desempenho numa determinada tarefa, o que não garante que este desempenho será sempre bom. Ter competência para a realização de uma tarefa significa ter conhecimentos, habilidades e atitudes compatíveis com o desempenho dela e ser capaz de colocar esse potencial em prática sempre que for necessário. A escritora classifica as competências em técnicas e comportamentais. As competências comportamentais são as atitudes e comportamentos que uma pessoa possui. Já as competências técnicas são os conhecimentos e habilidades que uma pessoa aplica em técnicas ou funções específicas

Para Fleury (2000), competência é saber ouvir de maneira responsável, implica mobilizar, integrar, transferir conhecimentos, recursos, habilidades, que agreguem valor econômico à organização e valor social ao indivíduo. Saber agir de maneira responsável significa que o indivíduo deve entregar-se completamente para a empresa, ou seja, comprometer-se com seus objetivos.

As COMPETÊNCIAS COMPORTAMENTAIS dizem respeito a INTELIGÊNCIA EMOCIONAL (QE), ou seja, o nível de equilíbrio e adequação com o indivíduo interage com o meio em que está inserido. São exemplos de competências comportamentais habilidades como pró-atividade, flexibilidade, criatividade, organização, comunicação, foco em resultados, ousadia, planejamento, administração do tempo, etc.

Que todo indivíduo descubra realmente suas habilidades e suas competências e as coloque em prática. Nos tempos atuais é de suma importância que o profissional coloque em ação o seu conhecimento e todo seu poder de ação, agindo sempre com o intuito de vencer os desafios. (QUEIROZ, 2011).

3. METODOLOGIA

A unidade entrou em funcionamento em agosto de 2010 com apenas uma turma. Nos primeiros encontros entre a Direção, o Setor Pedagógico e os professores foram discutidas as bases da metodologia pedagógica a ser seguida na Unidade, incluindo-se aí a aplicação do projeto P&D. A participação dos professores foi um facilitador do processo, uma vez que mostraram-se predispostos a colaborar com a pesquisa, incentivando os alunos a também participarem e valorizarem a então Disciplina P&D.

O plano de ação constou inicialmente com um horário relativo à quatro tempos semanais. Os encontros com os alunos aconteciam todas as quartas feiras, à tarde e eram regidos pela Direção e pelo Gestor Pedagógico da Unidade.

Os professores das disciplinas técnicas mantiveram o programa oficial do curso, fazendo incursões de atividades de caráter artísticas e culturais na apresentação e fixação de seus conteúdos. As atividades com esta primeira turma duraram todo o semestre, acontecendo no final do período uma avaliação baseada no modelo "Avaliação 360º", onde os alunos fizeram críticas ao método, avaliaram-se e avaliaram os colegas de turma. A partir do segundo semestre a aplicação do projeto foi sendo entregue exclusivamente ao Setor Pedagógico, não somente por ser entendido que este seria o setor competente para o desenvolvimento e adequação do agora Projeto P&D, como também pelas novas exigências propostas à Direção da Unidade, com o crescimento físico da mesma.

A disciplina Pesquisa e Desenvolvimento – P&D se desenvolveu na Unidade Angra dos Reis em quatro momentos básicos: *os encontros pedagógicos; as visitas técnicas e culturais a organização de mini eventos*, culminando com a apresentação de trabalhos na Feira de Ciência e Tecnologia. Sempre orientadas por professores da instituição, as etapas não seguiram uma ordem lógica. A intenção era surpreender o aluno com propostas instigantes e desafiadoras. Assim as turmas participantes do projeto eram incentivadas a discutirem temas da atualidade, resolverem problemas de lógica, criar peças teatrais sobre temas variados, visitar empresas e centros culturais, entre outros.

Os Encontros Pedagógicos

Os encontros pedagógicos tiveram como objetivo o desenvolvimento das competências comportamentais bem como, apresentar aos alunos o perfil do profissional que terá

maiores chances de se colocar no mercado de trabalho, sempre reafirmando a necessidade do auto desenvolvimento do indivíduo na busca por este perfil. Através dos encontros, buscou-se desenvolver também uma condição acadêmica que proporcionasse aos alunos diferenciais na construção de perfis, com vistas a assumirem suas posições tanto no mercado de trabalho, como na sociedade, como um todo.

Estes encontros foram importantes para a construção do eixo do Projeto P&D. Foram discutidos temas e desenvolvidas atividades voltados para a interação do grupo, através da linguagem escrita e falada, sempre visando o autoconhecimento, o desenvolvimento de uma relação social e ambiental saudáveis, amplas e abrangentes. Os exercícios propostos tiveram sempre como meta final o desenvolvimento de uma ou mais competências, em sua maioria, competências comportamentais.

De maneira geral, os encontros tiveram como eixo temático os seguintes tópicos: a importância dos cursos técnicos para o mercado de trabalho atual, conteúdos para pesquisas em tecnologia e sociedade, assuntos sociais da atualidade, relações humanas no mercado de trabalho e o perfil do profissional exigido por este mercado.

Os meios usados para colocar os objetivos em prática propiciaram aos alunos o incentivo ao pensar, ao refletir, à tomada de decisão, à criatividade, à capacidade de adaptação às mudanças, ao comportamento ético e à coerência no comportamento em equipe. Os alunos foram estimulados a montarem mini peças de teatro, a participarem de dinâmicas de grupo onde havia a exploração da linguagem falada e escrita, do raciocínio lógico e filosófico, da construção de personagens, júris simulados, palestras e oficinas. O objetivo foi o de estimulá-los ao raciocínio, à transmissão coerente do pensamento e ao desenvolvimento de suas habilidades, colaborando para a formação profissional e pessoal.

As Visitas Técnicas e Culturais

A equipe gestora do Projeto P&D encarregou-se de realizar contatos com empresas da área de mecânica industrial, tanto da região de Angra dos Reis como de outras cidades circunvizinhas, além de outros contatos com centros culturais, museus e bibliotecas, sempre objetivando a integração destas entidades com a Unidade de Ensino. Assim, foi possível proporcionar aos alunos, tanto as visitas técnico/culturais, quanto a recepção de funcionários destas entidades que proferiram palestras na própria unidade. Estas

visitas de caráter técnico como de caráter cultural, o projeto classificou como "Vivências". Este título foi definido pela percepção da equipe gestora do projeto de que um percentual bastante significativo dos nossos alunos jamais havia saído do espaço geográfico de sua cidade e a maioria deste percentual, nem sequer conhecia a própria cidade como um todo.

As vivências proporcionaram amadurecimento social e tecnológico por meio do contato direto dos jovens com os objetos de interesse, correlacionando as indústrias mecânicas com os centros de cultura, dando a ambos o mesmo grau de importância na formação profissional dos nossos jovens.

As visitas realizadas por representantes das entidades à Unidade Escolar puderam proporcionar conhecimento e auto respeito aos alunos. A partir da percepção da importância que os visitantes lhes referenciavam, os alunos participantes do projeto passaram a desenvolver uma maior autoestima e um maior desejo de desenvolverem as competências que os levariam ao exercício de sua profissão.

A Organização de mini eventos.

Na sequência do desenvolvimento do Projeto é sempre proposto aos alunos a realização de pequenos eventos internos, tendo com o objetivo o desenvolvimento da capacidade criadora e inovadora destes alunos. Os eventos podem variar desde a organização de uma pequena recepção aos novos alunos da Unidade à uma festa junina ou a comemoração de um aniversário. Estes temas, em uma primeira leitura, podem parecer por demais simplórios, porém, representaram para os jovens participantes do projeto uma primeira experiência em ações que envolvem processos decisórios e organizacionais, além do contato direto com questões de gestão de finanças. Ao final de cada um destes eventos são sempre realizadas avaliações do processo e dos resultados, inclusive utilizando-se dos métodos empresariais, através da chamada "Avaliação 360^o". Assim, de uma forma lúdica, são também introduzidos elementos do mundo do trabalho no comportamento dos participantes.

Feira de Ciência e Tecnologia

Através da propagação das idéias oriundas do P&D os professores das disciplinas técnicas se sentiram estimulados a contribuir na iniciação científica dos seus alunos, somando esforços com o objetivo de germinar em cada aluno a consciência da importância da pesquisa

na vida profissional que ora se abre, através de sua qualificação profissional no Curso Técnico.

Os educandos foram motivados a pesquisar sobre um determinado tema, relacionado às suas áreas de estudo, apresentando os resultados em forma de “pôster” e/ou maquete na Feira de Ciência e Tecnologia que ocorre anualmente, em outubro, dentro da Semana Nacional de Ciência em Tecnologia, criada e apoiada pelo Ministério de Ciência de Tecnologia e Inovação, em âmbito nacional.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Através de observações realizadas pelos autores, junto às empresas contratantes de técnicos e engenheiros oriundos do CEFET/RJ, foi constatado que o diferencial requerido vem deixando de ser o aspecto quantitativo do conhecimento técnico, para dar lugar ao aspecto qualitativo deste conhecimento. Será considerado “competente” o indivíduo que, além de

deter um volume essencial de cultura técnica, for capaz de aplicá-lo, transformá-lo e resolver problemas do cotidiano laboral, a partir deste conhecimento. Esta capacidade foi denominada pelo próprio “mundo do trabalho” de “Competências Comportamentais”. Estas, longe de serem adquiridas a partir de pedagogias tradicionais como memorização, repetição e exercícios metódicos, somente tornam-se concretas, a partir da aplicação de métodos práticos e atraentes para os nossos jovens alunos, como jogos lúdicos, exercícios com arte dramática, música, vivências (artísticas, culturais e técnicas) e, especialmente as vivências com transposições geográficas. Ou seja: o indivíduo em formação carece de contatos com realidades que não a sua própria, através das quais irá construir o senso de observação e crítica.

A experiência é piloto e ainda se encontra em aplicação e transformação, porém, já com resultados positivos, inclusive com a percepção dos próprios alunos, o que se pode ver nos resultados da pesquisa quantitativa que estão apresentados a seguir:

AVALIAÇÃO DO PROJETO P&D: ÍNDICE DE ACEITAÇÃO DOS ALUNOS

OBS.: A Unidade Escolar possui duas entradas anuais de alunos. No primeiro semestre (fevereiro) e no segundo semestre (agosto).

2012 – Primeiro Semestre Letivo
Amostragem: 40 alunos Concluintes do Primeiro Período.

Itens Avaliados	Resultados %			
	Ótimo	Bom	Regular	Insuficiente
Interesse Despertado	50	33	16	00
Avaliação do Método	25	50	25	00
Importância da Disciplina na Formação	75	25	00	00
Contribuição no Desenvolvimento Pessoal	50	50	00	00

AVALIAÇÃO DO PROJETO P&D: ÍNDICE DE ACEITAÇÃO DOS ALUNOS

OBS.: A Unidade Escolar possui duas entradas anuais de alunos. No primeiro semestre (fevereiro) e no segundo semestre (agosto).

2012 – Segundo Semestre Letivo
Amostragem: 40 alunos Concluintes do Primeiro Período.

Itens Avaliados	Resultados %			
	Ótimo	Bom	Regular	Insuficiente
Interesse Despertado	87	09	04	00
Avaliação do Método	80	19	01	00
Importância da Disciplina na Formação	96	02	02	00
Contribuição no Desenvolvimento Pessoal	88	06	06	00

A eficácia do Projeto P&D teve sua avaliação constatada no segundo semestre de 2011, durante a primeira Feira de Ciência e Tecnologia da Unidade Angra do CEFET/RJ que ocorreu concomitante à quarta edição do Projeto P&D.

Foi possível avaliar os resultados do projeto P&D, a partir da percepção não só da quantidade de pesquisas/trabalhos apresentados – 20 trabalhos no ano de 2011; 30 em 2012 e novamente aproximadamente 20 trabalhos em 2013, como também pela qualidade destas.

A importância do conhecimento técnico e profissionalizante ministrado nas escolas desse segmento e sua contribuição para a sociedade é indiscutível, entretanto, deve-se notar a valiosa contribuição e o diferencial de empregabilidade que o Projeto P&D oferece aos alunos.

5. CONCLUSÕES

O projeto P&D teve, e ainda tem um caráter experimental. A Unidade Angra dos Reis possui hoje seis turmas de formação Técnica em Mecânica, onde os alunos de cada período são incentivados a receber os novos colegas integrando-os aos métodos e práticas implantados a partir de agosto de 2010, com o projeto P&D.

A expectativa da equipe pedagógica, hoje ampliada para 09 professores e 02 técnicos de assuntos educacionais é no sentido de colocar cada aluno da Unidade no melhor lugar possível dentro das empresas contratantes. Este objetivo, embora possa parecer restrito, reflete, na verdade, o desejo e a necessidade das famílias que confiam seus filhos à nossa instituição.

A equipe acredita que somente através de uma formação técnica calcada em uma for-

mação cultural igualmente sólida, será possível realizar o trânsito destes jovens, oriundos de famílias de rendas per capita mínimas, para uma classe social economicamente mais estável, além de desenvolverem-se como profissionais/cidadãos.

A importância do Projeto se acentua quando analisamos o cenário do atual mercado de trabalho, onde a Gestão de Pessoas é uma das áreas que mais se evidenciam no setor de Recursos Humanos. Ela tem sido responsável pelo sucesso de muitos profissionais e, conseqüentemente, de muitas empresas, consolidando a importância do fator humano em plena era do conhecimento.

As COMPETÊNCIAS COMPORTAMENTAIS tem sido preocupação recente do mercado de trabalho, que a não muito tempo atrás observava apenas a habilidade técnica do profissional, mas hoje este quadro mudou e muitos trabalhadores, considerados exímios tecnicamente estão sendo desligados das suas organizações em função da falta de COMPETÊNCIAS COMPORTAMENTAIS.

Chiavenato (1999) afirma que as pessoas constituem o principal ativo de qualquer organização. Assim, o profissional deve investir em si, através da ampliação e solidificação do conhecimento relevante, hoje entendido como o tecnológico e comportamental.

A equipe gestora da Unidade, o corpo docente e o setor pedagógico acreditam neste projeto, pois partem do princípio de que a escola é o lugar de vivências que preparará os alunos para a vida, assegurando-lhes possibilidades de exercerem dignamente suas profissões.

Referências bibliográficas

- BECKER, Fernando. **Educação e Construção de Conhecimento**. Porto Alegre, Artmed, 2001.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de Pessoas**. RJ: Campus, 1999.
- DRUCKER, Peter. **Desafios gerenciais para o século XXI**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler, em três artigos que se completam**. 11 ed., São Paulo, Cortez, 1985.
- _____. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1996.
- _____. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. 3 ed., Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994
- FLEURY, A. & FLEURY, M. T.L. **Estratégias empresariais e formação de competências: um quebra-cabeça caleidoscópico da indústria brasileira**. Atlas, São Paulo: 2000.
- HERNÁNDEZ, F. **Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 150p.
- PERRENOUD, Philippe. **Construindo Competências**. Genebra. Entrevista concedida a Paola Gentile e Roberta Bencicni. Disponível em: <<http://unige.ch>> Acesso em 09 de jul. 2011
- QUEIROZ, Eugênio Sales. **Habilidade e Competência**. Disponível em: <<http://psicologia.com.pt/emprego>> Acesso em 13 de jul. 2011
- RABAGLIO, Maria Odete. **Seleção por Competências**. 2ª edição – Editora: Educator, São Paulo, 2001

DADOS DOS AUTORES:

Mauro Barros da Silva - Professor –CEFET/RJ-Carreira de Ensino Básico Técnico e Tecnológico, Graduado em Licenciado para Disciplinas do Ensino Técnico – Esquema II - UERJ, Mestre em Tecnologia - CEFET/RJ, E-mail: maurobarros48@msn.com, Tel: (21) 997894903

Haroldo Pereira Gomes - Professor –CEFETRJ-Carreira de Ensino Básico Técnico e Tecnológico, Graduado em Engenharia Civil Mestre em Ciências da Saúde e do Ambiente, Doutor em Ciências-ENSP-Fiocruz, E-mail: haroldopgomes@yahoo.com.br, Tel: (21) 98874-4746

Andrea Heidenreich Bernardes - Técnica de Apoio Educacional-CEFET/RJ, Graduada em Filosofia, E-mail: andrealagoa@yahoo.com.br, Tel: (24) 3362-3526

AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DO SETOR CERÂMISTA DE ITABORAÍ-RJ

Antonio José Caulliraux Pithon

José Luiz Fernandes

Andréa Sousa da Cunha Fernandes

RESUMO: O objetivo principal deste trabalho foi identificar a existência das estruturas de colaboração (formais e informais) atualmente existentes no Arranjo Produtivo Local (APL) do setor de cerâmica vermelha no município de Itaboraí, na cidade do Rio de Janeiro. A metodologia adotada foi baseada em entrevistas padronizadas e estruturadas, de forma a refletir sobre as principais diferenças entre os entrevistados. Na coleta de dados foram elaborados dois questionários interligados referentes a Dados Gerais da Empresa e Percepção sobre o Mercado de Atuação. Em função dos resultados obtidos, foram apresentadas algumas propostas de redes de colaboração e suas tecnologias agregadas, que as empresas ceramistas de Itaboraí podem criar para aumentar a sua competitividade em relação a outros mercados emergentes.

Palavras-chave: Redes Colaborativas, Arranjos Produtivos Locais, Cerâmica Vermelha

ABSTRACT: The main objective of this work was to identify the existence of collaborative structures (formal and informal) currently existing in Local Productive Arrangement (LPA) of the red ceramic industry in Itaboraí, in the city of Rio de Janeiro. The methodology was based on interviews and structured, so as to reflect on the key differences among respondents. During data collection two questionnaires were produced interconnected refer to General Data Company and Perception on Market Share. Depending on the results obtained, some propose collaborative networks and their aggregated technologies were presented, companies can create Itaboraí potters to enhance their competitiveness in relation to other emerging markets.

Keywords: Collaborative Networks, Local Productive Arrangements, Red Ceramics.

INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira (2012) as redes colaborativas (RCs) são redes de organizações, grupos e indivíduos, trans-setoriais, que de uma forma altamente eficiente e eficaz se constituem e se dissolvem para atingirem objetivos comuns (normalmente de curto/médio prazo) de acordo com as oportunidades proporcionadas pelo mercado em que se inserem. Lage (2010) indica que este tipo de meta organização firmou-se desde o fim do século passado e é considerado por vários autores o paradigma socioeconômico, principalmente no que respeita às micro, pequenas e médias empresas (MPMEs). Atualmente as redes colaborativas são constantemente tema de pesquisa em várias áreas científicas e já existem inúmeros desenvolvimentos acarretados pelo seu potencial de inovação.

Segundo Pithon (2010) uma das características fundamentais das RCs é que se formem a partir de conjuntos de empresas, que se encontram geograficamente próximas e possuam um grau elevado de afinidades (e que constituem, assim, um “*breeding environment*”). A viabilidade da existência de RCs depende essencialmente das condições pré-existentes nestes grupos de empresas, numa determinada região. No Brasil, e em particular na região sudeste do país, não há estudos que permitam conhecer e compreender o potencial para a implantação das RCs como paradigma socioeconômico para MPMEs, uma vez que estas empresas encontram-se em desvantagem frente às grandes empresas, para competir num mercado globalizado. Em geral, as grandes empresas têm condições suficientes para dominar todas as etapas da cadeia de valor (suprimentos, logística, P&D, produção e marketing), sendo esta uma grande vantagem, à medida que a interação da cadeia de valor torna-se fundamental para a competitividade das empresas. Dentro deste cenário, é fundamental criar RCs com a maior brevidade, sob pena de se perder uma oportunidade, talvez ímpar, de colocar as MPMEs num lugar de destaque em termos de inovação organizacional e tecnológica.

Neste trabalho adotou-se uma perspectiva “holística” das redes colaborativas envolvendo, além das relações econômicas, as relações e contextos sociais, culturais e tecnológicos que influenciam o seu funcionamento.

REDES DE COOPERAÇÃO

Para Amato Neto (1999) o papel das redes de cooperação no atual mundo empresarial

pode parecer demasiadamente óbvio para muitos, mas não é clara ou completa para todos.

Atualmente falam-se muito em redes, organizações em rede, redes de comunicação, redes de lojas, etc., como se o modelo de organização em rede fosse uma invenção das últimas décadas. No entanto, as redes de relações são inerentes às atividades humanas e como tal datam de longo tempo. Basta pensar no quotidiano, principalmente nas relações que sustentam a rotina diária, para se identificarem conjuntos de redes. Como exemplo pode ser indicado a rede de relacionamento profissional entre investigadores, docentes e funcionários, ou, a rede de relações que cada um estabelece para abastecer a sua casa, comprar vestuário, etc. São redes espontâneas onipresentes, que derivam em grande parte da sociabilidade humana, e que muitas vezes passam despercebidas, mas que são de fato sistemas dinâmicos que sustentam o quotidiano, tanto na vida profissional como na privada. O elemento comum entre este e outros tipos de rede (e.g. redes de computadores e redes de empresas) é a existência de relacionamentos entre os elementos que as constituem (pessoas, empresas, lojas, máquinas, etc.). Quando observamos o mundo procurando identificar nele um padrão de rede estamos de fato procurando relações/conexões (PITHON, 2011).

Para Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2011), uma rede colaborativa é um conjunto de entidades (e.g., pessoas e organizações) com elevado grau de autonomia em termos de ambiente operacional, cultura, capital social e metas, que colaboram para alcançarem determinados objetivos e cujas interações são apoiadas por novas tecnologias de comunicação (e.g. redes de computadores). As redes não só ajudam as empresas a atingir uma massa crítica e economia de escala, mas também a competir em mercados maiores, mais diversificados e competitivos, o que não ocorreria se as empresas trabalhassem isoladamente. Desse modo, as empresas concentrariam suas competências principais (*core competence*) na criação de uma rede com os seus principais parceiros de negócios, incluindo fornecedores e clientes a fim de desenvolver suas competências únicas, tornando flexíveis e adaptáveis e, ao mesmo tempo, mais capazes de responder rapidamente às exigências do mercado global. Desse modo as empresas funcionando em rede conseguem com sucesso colocar no mercado produtos mais diferenciados, o que lhe permite criar mais valor agregado e atingir níveis de desempenho econômico e social superiores as empresas que não estão trabalhando em rede.

As redes permitem que as empresas partilhem despesas, investimentos e risco que se tornaria demasiadamente elevado para as empresas que trabalham isoladamente. Num nível menos tangível, as empresas em rede facilitam a transferência de conhecimento tácito entre elas facilitando o contato entre as pessoas nos diversos níveis funcionais, melhorando desse modo a aprendizagem a fim de abrir novos canais de informação e criar novas oportunidades. Esse “processo de aprendizagem em rede” é visto pelos gerentes como uma das mais valiosas vantagens para as empresas que participam da “rede”, uma vez que lhes permite desenvolver e melhorar um grande conjunto de competências de um modo mais flexível.

Segundo Souza (1995) as redes organizacionais podem ser consideradas como uma decorrência dos conceitos e princípios das redes sociais e dividem-se em redes intra-organizacionais, inter-organizacionais e interpessoais. As redes intra-organizacionais têm sido estudadas com base em diferentes perspectivas teóricas e envolvem aspectos internos, partindo do princípio de que a organização pode ser vista como uma rede de pessoas, departamentos e setores específicos, mantendo uma constante rede de relações caracterizada por uma subdivisão hierárquica de papéis dos seus membros, e pela existência de relações verticais e horizontais.

As redes inter-organizacionais constituem uma forma organizacional que institucionaliza relacionamentos de troca recorrentes entre um conjunto limitado de atores (indivíduos e grupos num contexto organizacional)

Para Marcon e Moinet (2000) a estrutura de uma rede pode ser vertical ou horizontal (Figura 1), dependendo do tipo de aplicação. As redes verticais (dimensão de hierarquia) são utilizadas, por exemplo, pelas grandes redes de distribuição, que adotam esta estratégia por estarem mais próximas do cliente. Como caso concreto podemos indicar as grandes redes de distribuição alimentar e os bancos. Em geral, as relações estabelecidas são semelhantes às do tipo sede/filial, em que as filiais possuem pouca autonomia. Por outro lado, as redes horizontais - dimensão da colaboração - são constituídas por empresas que optam por coordenar as suas atividades de forma conjunta, onde os membros escolhem a formalização flexível para melhor adaptar a natureza das suas relações.

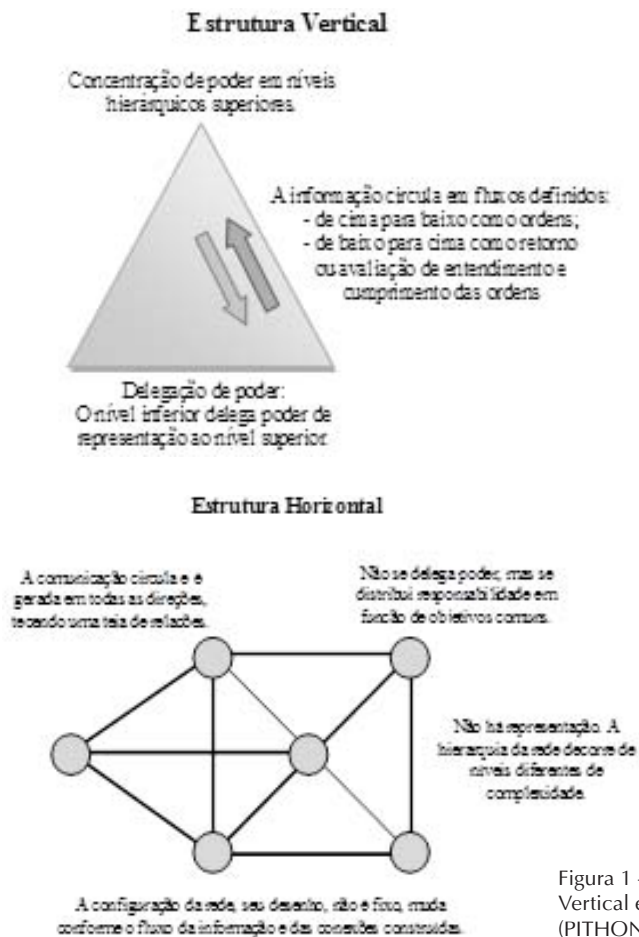


Figura 1 – Estrutura Vertical e Horizontal (PITHON et al, 2011)

ARRANJO PRODUTIVO LOCAL – APL

Segundo Porter (1990), o APL foi inspirado na experiência da Itália, onde pequenas cidades se consolidaram como centros industriais bastante especializados e muito competitivos internacionalmente. Em 2004, o conceito virou Política Pública Federal e Estadual – o objetivo era estimular a cooperação entre as empresas. Ao serem reconhecidas como APLs, as concentrações industriais passaram a receber incentivos como: consultorias de especialistas do SEBRAE, linhas de crédito especiais do Banco do Brasil, treinamento da mão de obra feita pelo Senai e, em alguns casos, apoio para a exportação. Desse modo, um APL pode ser entendido como conglomerado ou cluster de empresa (WITWER; DE FARIA, 1997).

Diversos autores (PORTER, 1999; SANTOS; CROCCO; LEMOS, 2002; LASTRES; CASIOLATO; MACIEL, 2003; KREUZ; SOUZA; CUNHA, 2003) entendem e classificam um APL como conglomerado ou cluster, que é uma aglomeração de empresas de pequeno porte numa determinada região geográfica e organizadas

para obter vantagem competitiva frente às corporações de maior porte ou dos concorrentes diretos que atuam individualmente. Apesar da semelhança na conceituação de APL e cluster, existe uma diferenciação entre esses dois modelos de rede, a qual pode ser encontrada na própria finalidade de um APL que é a de produção, ao passo que um cluster pode estar voltado para outro tipo de negócio, como o comércio ou prestação de serviços.

Segundo o site do SEBRAE (2010) “os APL’s são aglomerações de empresas localizadas em um mesmo território, que apresentam especialização produtiva e mantêm algum vínculo de articulação, interação, cooperação e aprendizagem entre si e com outros atores locais tais como governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa”.

Para isso, é preciso considerar a dinâmica do território em que essas empresas estão inseridas, tendo em vista o número de postos de trabalho, faturamento, mercado, potencial de crescimento, diversificação, entre outros aspectos.

No âmbito do conceito de Rede de Negócios, a existência de um APL também é considerada para alguns autores, um cluster industrial. Goldstein e Toledo (2004) ao discutir a formação de cluster, consideram que se trata de um aglomerado de empresas, de um modo geral de pequeno e médio porte, situadas em uma mesma região geográfica e com a mesma especialização setorial, organizadas de modo a obter vantagens competitivas em comparação aos seus concorrentes que atuam individualmente.

Portanto, um APL somente poderá ser caracterizado pela identificação ou existência de um expressivo número de empresas que exercem uma atividade produtiva principal numa região delimitada geograficamente e que apresente alguma característica relacionada ao propósito da existência do arranjo. Além disso, se faz necessário observar o potencial socioeconômico dessa região, procurando-se avaliar pontos importantes como: postos de trabalho, geração de renda, perspectivas e potencial de crescimento, diversificação ou concentração de atividades fabris e comerciais e prestação de serviços acessórios e de apoio às atividades-fim do arranjo.

Assim, por exemplo, a dinâmica de um cluster de empresas pode ser determinada pelo fato dessas empresas realizarem atividades semelhantes e/ou utilizarem mão de obra específica disponível em poucas regiões, ou utilizarem

as mesmas matérias-primas, ou necessitarem das mesmas condições climáticas ou de solo para sua produção, por fornecerem para um mesmo cliente que exige proximidade, por processos históricos e culturais, entre outros.

Segundo Sangreman e Silva (2012) os clusters industriais, de serviços ou os agroindustriais devem satisfazer algumas condições para ser completo e se tornar competitivo:

1. Alta concentração geográfica (preferencialmente, todo o cluster deve localizar-se em um só município);
2. Existência de todos os tipos de empresas e instituições de apoio, relacionados com o produto/serviço do cluster;
3. Empresas altamente especializadas (cada empresa realiza um número reduzido de tarefas);
4. Presença de muitas empresas de cada tipo;
5. Total aproveitamento de materiais reciclados ou subprodutos;
6. Grande cooperação entre empresas;
7. Intensa disputa: substituição seletiva permanente;
8. Uniformidade de nível tecnológico;
9. Cultura da sociedade adaptada às atividades do cluster.

A principal consequência passa a ser a vantagem competitiva das empresas que estão no cluster, em relação às empresas de fora.

O sucesso de um APL é medido pela capacidade de competição de suas empresas e, por extensão, por sua trajetória evolutiva em termos de crescimento da produção, geração de empregos, desenvolvimento tecnológico e inserção no mercado interno e internacional são fortemente condicionadas por suas raízes históricas, pelo processo de construção institucional, pelo tecido social, e pelos traços culturais locais.

Esses fatores condicionam à especialização produtiva local, a possibilidade de surgimento de liderança local, a existência de confiança entre agentes locais como base para ações conjuntas de cooperação e divisão de trabalho, a criação de instituições de apoio às empresas, e a estrutura de governança prevalectente. Um APL têm características próprias, e não há um modelo pronto sobre como apoia-los.

O ESTUDO DE CASO

O estudo parte da hipótese de que micro, pequenas e médias empresas dos setores de construção civil e de cerâmica vermelha trabalhando associadas têm condições de melhorarem sua competitividade, bem como se prepararem para as inovações de processos e gestão que elevem o seu nível tecnológico. Esta pesquisa teve caráter exploratório, visto que ela tem por finalidade proporcionar maiores informações sobre o assunto, facilitando a delimitação temática, definindo os objetivos e as hipóteses a serem alcançadas. O estudo exploratório permite, portanto, aliar as vantagens de se obter os aspectos qualitativos das informações a quantificá-los posteriormente. Esta pesquisa foi desenvolvida entre os meses de março e abril de 2011.

O cenário escolhido foi a cidade de Itaboraí, que está localizada na Região Leste Fluminense e onde se concentra um número expressivo de indústrias do ramo cerâmico. Segundo o SINDICER/RJ (Sindicato das Indústrias de Cerâmica para Construção e de Olaria do Estado do Rio de Janeiro), a região tem um total de 24 (vinte e quatro) empresas. Assim, ela foi escolhida como objeto de estudo devido a sua importância econômica, por estar localizada próxima a cidade do Rio de Janeiro e por ser o local escolhido pela Petrobrás para a instalação do Polo Petroquímico de Itaboraí – COMPERJ.

Para o estudo foram escolhidas 8 (oito) empresas, no período de março e abril de 2011 e a metodologia adotada para a coleta de dados baseou-se em entrevistas padronizadas e estruturadas. Estas entrevistas seguiram um roteiro previamente estabelecido. O objetivo da padronização é obter, dos entrevistados, respostas às mesmas perguntas, permitindo que todas elas sejam comparadas com o mesmo conjunto de perguntas, e que as diferenças devem refletir diferenças entre os respondentes e não diferenças nas perguntas.

Para a coleta de dados foram elaborados dois questionários interligados, um de Dados Gerais da Empresa e outro sobre a Percepção sobre Mercado de Atuação.

O questionário 1 (Dados Gerais da Empresa) compreende os tópicos referentes aos dados gerais da empresa, o seu faturamento anual, destino das vendas, busca de apoio à órgãos de fomento e formas de cooperação e escolaridade dos funcionários. O questionário 2 (Percepção sobre o Mercado de Atuação) é aquele que através de uma escala de likert apura os dados sobre

Gestão e Inovação. Esta escala foi proposta por Rensis Likert, em 1932, com o objetivo de medir os níveis de aceitação dos produtos ou serviços, conforme suas experiências e influências sociais. A escala de Likert apresenta uma série de cinco proposições, em que o entrevistado deve selecionar uma resposta, podendo ser: concorda totalmente, concorda, sem opinião, discorda ou discorda totalmente. Para cada resposta é atribuída a uma nota de 1 a 5 (DA CUNHA, 2007).

Os objetivos gerais do projeto, associados à pesquisa das questões chaves relacionadas com as redes colaborativas são:

1. Conhecer os principais modelos de referência que mais se adaptam à realidade brasileira e identificar e caracterizar as estruturas de colaboração (formais e informais) existentes atualmente;
2. Definir as condições necessárias para o desenvolvimento e utilização de ferramentas tecnológicas que suportem “ambientes criativos” e que potenciem o estabelecimento e manutenção de redes colaborativas. Quais são as ferramentas tecnológicas mais utilizadas? Em que medida é que elas são as mais adequadas?

Modelos de Referência são geralmente aceitos como um framework com o objetivo de esclarecer melhor os conceitos e relacionamentos entre os atores envolvidos em um sistema, e a conseqüente interação com os elementos externos. Um modelo de referência de redes de colaboração é instrumento fundamental para o desenvolvimento de redes organizacionais (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2008).

O desenvolvimento de um modelo de referência se dá pela observação, análise e abstração dos eventos que emergem da implementação de iniciativas de criação de redes de colaboração. Complementarmente, análise de cenários futuros pode servir também como fontes de informação que direcionariam o desenvolvimento de um modelo de referência. Finalmente, a observação de outros modelos e teorias serve de inspiração à criação do modelo de referência. O desenho do modelo de referência acaba sendo estabelecido também pelo conhecimento adquirido dos profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento.

Várias correntes de conhecimento servem de influência às redes de colaboração, e por conta disso, influenciam também a modelagem das redes colaborativas. São elas: modela-

gem empresarial; organização e gestão; e projetos de empresas virtuais – como influenciadores de maior importância – e APLs; governo eletrônico; redes sociais e iniciativas de inovação em redes de colaboração (THINKcreative e VOMap) – como influenciadores secundários, ver Figura 2.



Figura 2 - Correntes de influência adaptado ao Modelo de Referência

Fonte: Adaptado de Camarinha-Matos (2008)

A Figura 3 expressa às correntes de conhecimento explicitadas acima de forma cronológica, facilitando o entendimento de que forma e em que momento serviu de base para a criação de um modelo de referência em redes colaborativas. Além disso, a metade inferior da figura mostra as mais importantes linhas de organização e modelagem empresarial, a fim de servir como comparativo cronológico.

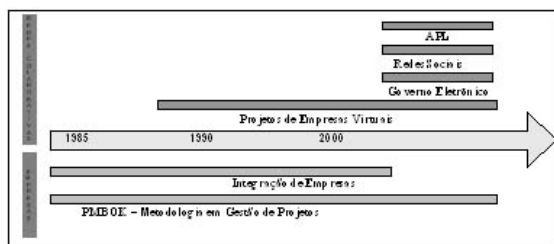


Figura 3 - Representação Cronológica das Correntes de Influência

Fonte: Adaptado de Camarinha-Matos (2008)

A dificuldade de se estabelecer um modelo referencial para as redes colaborativas se dá, além do fato desse assunto ser muito recente no Brasil (inclusive no mundo, com menos de uma década), a dificuldade de se estabelecer um paradigma que seja influenciado por linhas de pensamentos diversificadas, e por estruturas das mais diversas concepções, como sistemas, modelos, modelos de referência, padrões e arquiteturas de referência. Essa diversidade de nomenclaturas e formas de abordagem dificulta o desenvolvimento de um padrão nacional.

A classificação do porte das empresas pesquisadas neste estudo foi baseada nos crité-

rios adotados pelo BNDES nas circulares no 11/2010 e 34/2011. A Tabela 1 resume estes critérios.

Classificação	Receita operacional bruta anual
Microempresa	Menor ou igual a R\$ 2,4 milhões
Pequena empresa	Maior que R\$ 2,4 milhões e menor que R\$ 16 milhões
Média empresa	Maior que R\$ 16 milhões e menor que R\$ 90 milhões
Média-Grande empresa	Maior que R\$ 90 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões
Grande empresa	Maior que R\$ 300 milhões

Tabela 1 – Classificação do porte das empresas segundo o BNDES

Fonte: BNDES

ANÁLISE DOS DADOS

Acredita-se que os entrevistados ao responderem o item referente ao tamanho (porte) da empresa, o fizeram sem critérios definidos, haja vista as diferenças percentuais apresentados na comparação entre as respostas e o critério de classificação segundo o BNDES e as informações obtidas no questionário apresentada na Figura 4. Na realidade esperavam-se respostas mais coerentes, já que das 8 empresas visitadas, em apenas uma o entrevistado não era o proprietário ou um de seus sócios, dos quais esperava-se conhecimento acerca dos critérios de classificação fiscal.

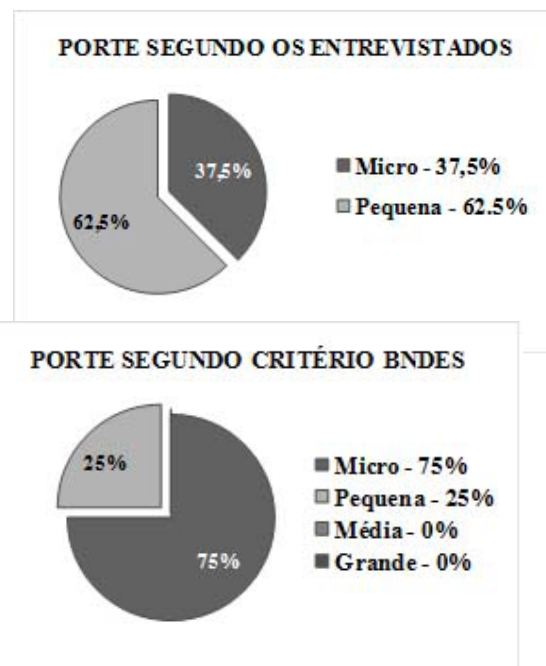


Figura 4 - Porte das empresas (Segundo os entrevistados versus Critério BNDES)

Em relação ao ano de fundação declarado pelos entrevistados pode-se verificar que a empresa mais antiga foi fundada em 1959 e a mais recente em 1993, não foram identificadas diferenças em relação ao porte ou faturamento médio anual (ver Figura 4). Este fato pode ser justificado pelo tipo de administração 100% familiar e conservadora encontrada em todas as empresas participantes da pesquisa.

Em relação ao mercado de atuação das empresas pesquisadas verifica-se que as vendas restringem-se ao Rio de Janeiro e a região de Itaboraí (Figura 5), concluímos que aquele aparenta estar dividido entre as mesmas. O tipo de administração familiar e conservadora já citado anteriormente justifica também a atuação das vendas restrita ao estado e a baixa competitividade destas empresas.

DESTINO DE VENDAS EM 2010

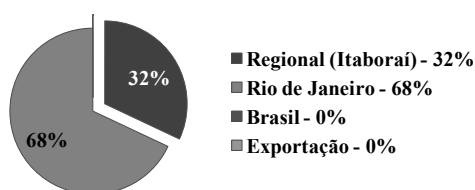


Figura 5 – Destino das Vendas em 2010

Caso as empresas participantes da pesquisa estivessem organizadas conforme um APL, de maneira a combinar esforços para modernizar o parque fabril e também as operações administrativas e comerciais, acredita-se que os mercados não atingidos poderiam também ser explorados.

Na pesquisa de campo os representantes das empresas foram questionados sobre se receberam algum tipo de apoio ou participaram em algum tipo de programa de treinamento oferecido por órgãos governamentais. Apenas duas microempresas informaram possuir algum tipo de apoio destes órgãos (FIRJAN e SEBRAE). Outras três pequenas empresas também informaram ter tido algum tipo de parceria com estes órgãos (Figura 6).

APOIO DE ÓRGÃOS DE FOMENTO

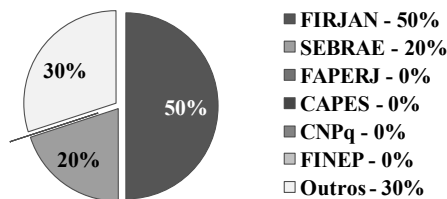


Figura 6 – Apoio de Órgãos de Fomento

Segundo a Tabela 2, a totalidade dos empregados, nas empresas pesquisadas possui contratos formais de trabalho (90,55% para as micros e 96,93% para as pequenas empresas), sendo nula a participação de estagiários e somente nas pequenas empresas observou-se a participação de terceirizados (0,27%). O fato de a totalidade dos empregados das empresas pesquisadas possuírem contratos formais (declaração feita pelo responsável pelo preenchimento do questionário) implicaria num maior comprometimento dos empregados com o desenvolvimento da empresa. Esse tipo de comprometimento não ficou muito claro durante as entrevistas.

Tipo	Micro	Pequena
Sócios proprietários	5%	2,22%
Contratos formais	90,55%	96,93%
Estagiário	0,0%	0,0%
Serviços temporários	1,66%	0,0%
Terceirizados	0,0%	0,27%
Familiares	2,77%	0,55%
Total	100%	100%

Tabela 2 – Relações de trabalho

A grande maioria da mão de obra ocupada na indústria está alocada no processo produtivo e apresenta um baixo nível de escolaridade e uma baixa qualificação profissional (ver Figura 7). Por outro lado, todos os gerentes e empresários entrevistados possuem nível superior completo. É importante salientar que, devido ao fato de os dirigentes possuírem diploma superior, eles estão mais abertos às inovações e aos avanços da ciência e da tecnologia, além de reunirem recursos mais apropriados para interpretar as mutações do mercado. Isso de fato pode ser observado nas entrevistas, onde somente um empresário dos demais entrevistados tinha esta mentalidade.

GRAU DE ESCOLARIDADE DOS FUNCIONÁRIOS

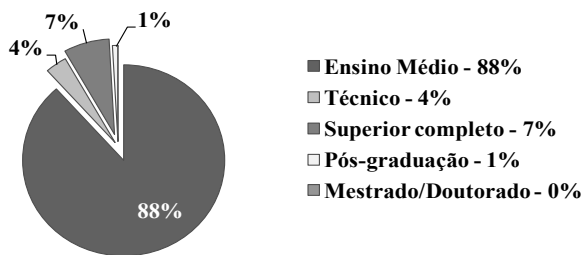


Figura 7 –Escolaridade dos funcionários

Todas as empresas pesquisadas apontaram a baixa qualificação dos empregados como um entrave à melhora da qualidade dos produtos ofertados. As empresas entrevistadas consideram que se a qualidade da mão de obra da região fosse qualificada, isso seria um fator importante para a competitividade das empresas.

É importante observar que a ABNT estipula em sua Norma NBR 7171/83 que os blocos cerâmicos de vedação, ou tijolos como são mais conhecidos, “não devem apresentar defeitos sistemáticos tais como: trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e falta de uniformidade da cor”.

Para que a Norma seja cumprida é preciso que as fábricas de produtos cerâmicos adotem um modelo mínimo de gestão tecnológica, ou seja, um modelo de inspeção de qualidade (recebimento de matéria-prima, de processo e do produto acabado). No entanto, quando das visitas técnicas, pode-se constatar que haviam variações nas dimensões dos tijolos. Verificou-se que a única preocupação era em relação a coloração dos tijolos após a queima.

Podemos afirmar que o principal fator de localização da indústria de cerâmica vermelha é a disponibilidade de matéria prima, sendo secundários outros fatores, tais como mercado, mão de obra, centros de pesquisa e fornecedores de equipamentos. Quanto maior for o grau de qualidade da matéria prima (argila), maior será a importância assumida por este fator local frente aos outros, já que permite à empresa que explora a jazida, melhores condições de qualidade de produção.

Outro fator importante é a localização da matéria prima em relação à indústria, pois quanto mais perto for a jazida da planta industrial, menor será o custo do transporte (Figura 8).

FATORES DETERMINANTES DA LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA

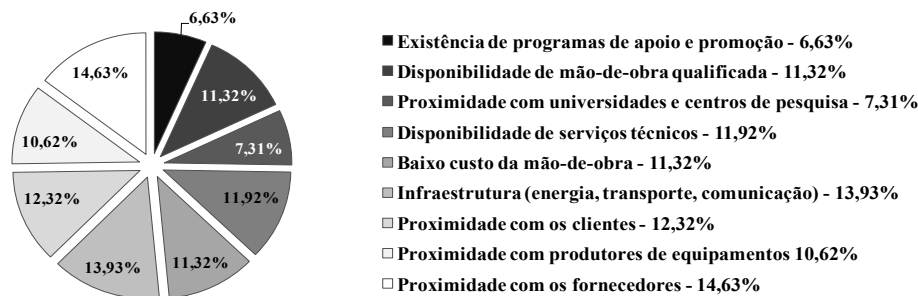


Figura 8 –Fatores determinantes da localização das empresas

A análise feita através do questionário e das entrevistas com gestores (empresários ou gerentes) das empresas pesquisadas mostra que na região de Itaboraí não há rede de cooperação / colaboração entre empresas.

O conceito de cooperação/colaboração não é claramente conhecido pelas empresas visitadas da região de Itaboraí. Os gestores entrevistados reconhecem a importância das redes de colaboração e a formação de um Polo Ceramista em Itaboraí, mas não sabem como implementá-las. No entanto, esta questão ainda não faz parte da lista de prioridades das empresas visitadas.

A análise realizada nas empresas durante as entrevistas e a aplicação dos questionários sugerem que alguns gestores apontam que a cooperação e a implementação de redes de colaboração são essenciais para a conquista de novos mercados, especialmente na região onde o setor empresarial é composto principalmente de MPMEs. Conforme apresentado anteriormente, as redes de colaboração são ferramentas essenciais para competir nos mercados mais importantes, pois contribuem para que as empresas ganhem massa crítica e economias de escala, mantendo-se flexível

e adaptável, permitindo controlar os riscos e os custos de distribuição que as empresas individuais não poderiam pagar.

As redes também podem ser uma ferramenta importante na gestão e transferência de conhecimentos e aplicação da inovação. Assim, é necessário gerar instrumentos que promovam a implementação dessas redes na região.

São apresentadas no Quadro 1 algumas propostas de redes de colaboração e suas tecnologias que as empresas Ceramistas de Itaboraí podem criar para aumentar a sua competitividade em relação a outros mercados emergentes.

Redes de Produção	
Características	Os principais motivos em participar de uma rede de produção são: aumentar o valor acrescentado dos produtos da empresa; reduzir o risco e aumentar a rentabilidade associados à redução dos investimentos necessários, quando for possível partilhar esses investimentos; aumentar o volume de vendas pela inserção em redes que potenciem novas oportunidades de negócios; tornar mais eficiente e eficaz a coordenação de um conjunto de empresas parceiras que já colaboram informalmente através dos mecanismos inerentes à participação numa rede mais formalizada. As condições favoráveis ao bom desempenho de uma rede de produção passam por três fatores: a) A confiança nos parceiros da rede; b) Disposição de partilhar competências; c) Definição de objetivos comuns.
Tecnologia da Colaboração	A utilização de ferramentas colaborativas adequadas contribui para uma melhor coordenação dos processos produtivos tais como ferramentas B2B (business to business), aplicações de gestão da cadeia de fornecimento e do ciclo de vida do produto.

Redes de Distribuição	
Características	A principal motivação de participar ou pertencer a uma rede de distribuição é aumentar a penetração no mercado nacional (a grande maioria das empresas respondeu que a sua participação no mercado nacional é nula), entrar em novos mercados, reduzir os custos de distribuição e aumentar o controle sobre a cadeia de valor. As condições favoráveis para o bom desempenho das redes de distribuição são a confiança nos parceiros da rede, a capacidade de liderança e a capacidade financeira para assumir os investimentos necessários para a sua implantação. É importante também assegurar que a rede tenha recursos suficientes à nível de estrutura de gestão e operação da rede (pessoas com competência adequadas em marketing e logística) e à nível de publicidade.
Tecnologia da Colaboração	A utilização de ferramentas colaborativas adequadas contribui para uma melhor comunicação entre os membros da rede, respostas mais rápida e mais eficaz às oportunidades de mercado.

Redes de Pesquisa e Desenvolvimento	
Características	A principal motivação de participar de uma rede de pesquisa e desenvolvimento é a redução dos custos, prazos e riscos na pesquisa e desenvolvimento de produtos e tecnologias, criando competência necessária para o desenvolvimento de processos, pesquisando novas tecnologias e soluções inovadoras. Desse modo, estas redes facilitam a transferência de tecnologia entre as universidades e as empresas (somente uma empresa afirmou no questionário possuir parceria privada).
Tecnologia da Colaboração	As tecnologias colaborativas mais relevantes para a rede de pesquisa e desenvolvimento são os fóruns de discussão, blogs corporativos, áudio e vídeo conferência, mensagens instantâneas e VoIP (voz sobre IP. Exemplo: Skype).

Quadro 1 – Propostas de Redes de Colaboração e suas Tecnologias

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, este estudo teve como objetivo identificar junto às empresas ceramistas do Município de Itaboraí – RJ as condições e os instrumentos necessários a sua caracterização como um APL. A aplicação do questionário e visita às empresas possibilitou constatar a não existência deste arranjo. Algumas propostas de

redes de colaboração e suas tecnologias agregadas indicaram que as empresas ceramistas de Itaboraí podem aumentar a sua competitividade em relação a outros mercados emergentes, surgindo o “APL de Cerâmica Vermelha de Itaboraí”.

A indústria da cerâmica vermelha em Itaboraí é um segmento intensivo em uso de mão de obra, onde predominam as microempresas familiares com técnicas de produção es-

sencialmente artesanais e algumas empresas de pequeno e médio porte que utilizam processos produtivos tradicionais. Este grupo de empresas é considerado tecnologicamente atrasado quando comparado ao padrão produtivo empregado nas outras regiões do país (especificamente São Paulo) e nos principais países produtores (Portugal, Espanha, etc.). Este aspecto é verificado pela falta de competitividade destas empresas devido ao tipo de administração familiar e conservadora.

Entretanto, a necessidade de reverter este quadro está levando os empresários a investir em tecnologias para melhorar a qualidade dos produtos e eliminar desperdícios no processo de produção. Verificou-se que apenas duas microempresas informaram possuir algum tipo de apoio destes órgãos (FIRJAN e SEBRAE). Ou-

tras três pequenas empresas também informaram ter tido algum tipo de parceria com estes órgãos.

A possibilidade de aplicação de redes colaborativas pode desempenhar um papel importante na construção de um APL onde as empresas estariam fortalecidas para a busca por novos mercados.

A tecnologia nunca esteve tão fácil, acessível e disponível para às micro, pequenas e médias empresas, as quais, por não disporem de capital extra para investimentos, procuram valorizar cada centavo gasto. A maioria está disposta a aplicar em novas tecnologias, especialmente em soluções que lhes capacitem a competir com as empresas de maior porte.

Referências bibliográficas

- ABNT - **NBR 7171/83: Bloco Cerâmico para Alvenaria – Especificação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1983.
- ALBAGLI, S.; BRITO, J. **Arranjos Produtivos Locais: Uma Nova Estratégia de Ação para o SEBRAE**. Glossário de Arranjos Produtivos Locais. RedeSist, 2002. <http://www.redesist.ie.ufrj.br/>
- AMATO NETO, J. **Gestão de Sistemas Locais de Produção e Inovação (Clusters/APLs) - Um Modelo de Referência: Conceitos, Princípios e Aplicações, Sistema de Indicadores e Benchmarkings, Análise e Discussões de Casos**. São Paulo: Atlas, 2009.
- AMATO NETO, J. **Redes de Cooperação Produtiva: Antecedentes, Panorama Atual e Contribuições para Uma Política Industrial**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- BNDES. **Circular no 11/2010**. BNDES, 2010. http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Navegacao_Suplementar/Perfil/porte.html
- BNDES. **Circular no 34/2011**. BNDES, 2011. http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Navegacao_Suplementar/Perfil/porte.html
- CAMARINHA-MATOS, L.M., AFSARMANESH, H. (Eds). **Collaborative Networks: Reference Modeling**. New York: Springer, 2008.
- CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; KOELMEL, B. **Adaptation and Value Creating Collaborative Networks – 12th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises**, São Paulo, Brazil, October 17-19, 2011.
- CAPRA, F. **Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996.
- CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede (A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura)**. São Paulo: Paz e Terra, Vol. 1, 1999.
- COSTA, A. B.; COSTA, B. M. **Cooperação e Capital Social em Arranjos Produtivos Locais**. Natal: **XXXIII Encontro Nacional de Economia**, 2005.
- DA CUNHA, M. A. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na Medição de Atitudes**. Dissertação de Mestrado em Probabilidade e Estatística, Faculdade de Ciências, Universidade do Lisboa, 2007.
- FIRJAN. **Niterói Continua Liderando Ranking do IFDM na Região Leste Fluminense**. <http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CEC2B53DF4D012B5894F31F118D.htm>
- GOLDSTEIN, C.S.; TOLEDO, G.L. **Vantagens Competitivas em Clusters Industriais**. In: **SEMEAD – Seminários em Administração da USP**, São Paulo, 2004. São Paulo. www.ead.fea.usp.br/Semead
- KREUZ, C. L.; SOUZA, A.; CUNHA, S. K. **Liderança em Custos e Arranjo Produtivo Local: Uma Estratégia Factível para o Alho da Região de Curitiba-SC**. **XVIII Congresso Latino-Americano de Estratégia – SLADE**. Itapema SC Brasil, 2003.
- LAGE, E. L. **Incentivos à Partilha de Informação entre Pequenas e Médias Empresas em Redes de Cooperação**. Instituto Universitária de Lisboa, Dezembro de 2010.
- LASTRES, H. M., CASSIOLATO, J. E. **Nota Técnica do Projeto: Mobilizando conhecimentos para desenvolver Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais de Micro e Pequenas Empresas no Brasil**. RedeSist, 2006. <http://www.redesist.ie.ufrj.br>
- LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; MACIEL, L. M. **Pequena Empresa: Cooperação e Desenvolvimento Local**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.
- MARCON, M.; MOINET, N. **La Stratégie-Réseau**. Paris: Éditions Zéro Heure, 2000.
- OLIVIERI, L. A. **A Importância Histórico-Social das Redes**. São Paulo: CONECTAS/Friedrich Ebert Stiftung, Manual de redes sociais e tecnologia, 2002.
- OLIVEIRA, A. I.; CAMARINHA-MATOS, L. M. **Electronic Negotiation Support Environment in Collaborative Networks**. In: Luis M. Camarinha-Matos, Ehsan Shahamatnia and Gonçalo Nunes. (Org.). **3th IFIP Scolnet Doctoral Conference on Computing Electrical and Industrial Systems**, Costa da Caparica, Portugal, February 27-29, 2012.
- PITHON, A. J. C.; CASTRO, A. G.; STECKLOW, P. E.; ANSUATTIGUI, R. V. **Evaluation of Collaborative Enterprises Networks: Case Study of Brazilian Virtual Enterprises**. In: Á. Ortiz Bas; R.D. Franco; P. Gómez Gasquet. (Org.). **9th IFIP International Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems**. Valência 21-23 julho: Springer Berlin Heidelberg, v. 322, pp. 19-27, 2010.

- PITHON, A. J. C.; STECKLOW, P. E.; ANSUATTIGUI, R. V. **Networks of Co-Authorship: A Case Study of The Postgraduate of CEFET-RJ**. In: Maria Manuela Cruz-Cunha; Goran D. Putnik; Nuno Lopes; Patrícia Gonçalves; Eva Miranda. (Org.). Handbook of Research on Business Social Networking: Organizational, Managerial, and Technological Dimensions. Hershey - USA: IGI Global, v. 51, pp. 981-994, 2011.
- PORTER, M. E. **The Competitive Advantage of Nations**. The Free Press, Macmillan Inc, 1990.
- PORTER, M. E. **Clusters e Competitividade**, HSM Management, V. 3, n.15, pp. 23-26, jul./ago., 1999.
- SANTOS, F.; CROCCO, M.; LEMOS, M. B. **Arranjos e Sistemas Produtivos Locais em Espaços Industriais Periféricos: Estudo Comparativo de Dois Casos Brasileiros**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2002.
- SANGREMAN, C.; SILVA, S. **Os clusters como instrumento da cooperação internacional portuguesa para o desenvolvimento, o caso da ilha de moçambique**, CeSA Centro de Estudos sobre a África e do Desenvolvimento, Instituto Superior de Economia e Gestão Universidade de Lisboa, WP 104 / 2012.
- SEBRAE. **Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas** (Org.); Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Brasília: SEBRAE, DIEESE, 2010.
- SILVEIRA, M. S. **Arranjo Produtivo Local: O estudo de Caso da Cerâmica Vermelha de Russas**. Monografia - Bacharelado em Economia. Fortaleza: Faculdade de Economia, Administração, Atuárias, Contabilidade e Secretariado. Universidade do Ceará, 2007.
- SINDICER/RJ. **Sindicato das Indústrias de Cerâmica para Construção e de Olaria do Estado do Rio de Janeiro**. <http://www.sindicermf.com.br>, 2011.
- SOUZA, M. C. A. F. **Pequenas e Médias Empresas na Reestruturação Industrial**. Brasília: Sebrae, 1995.
- WITTEWER, E.; De FÁRIA, R. W. (Orgs). Relatório Final. **Conservação de Energia: Estudos Setoriais, Aspectos Econômicos e Tecnológicos**. SEBRAE/RJ. Rio de Janeiro, 1997.

Dados dos autores

Antonio José Caulliraux Python - Engenheiro Eletrônico pelo CEFET-Rio, Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ, Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Minho e Pós-Doutor em Engenharia de Transportes pela ENAC-Toulouse. CEFET-RJ. Professor do Curso de Engenharia. Av. Maracanã, 229, bloco E, 5º andar, CEP: 20271-110 – Maracanã – Maracanã. caulliraux@gmail.com. Tel: (55)(21)2569-4495.

José Luiz Fernandes - Engenheiro Mecânico pela PUC-Rio, Mestre em Metalurgia pela COPPE/UFRJ, Doutor em Engenharia Mecânica pela PUC-Rio e Pós-Doutor em Engenharia Nuclear pela COPPE/UFRJ. CEFET-RJ, Professor do Curso de Engenharia de Produção. Av. Maracanã, 229, bloco E, 5º andar, CEP: 20271-110 – Maracanã. jlui fernandes@gmail.com. Tel: (55)(21)2569-4495.

Andréa Sousa da Cunha Fernandes - Química e Mestre em Ciências pela UFRJ, Especialista em Gestão Ambiental pela UCAM. CEFET-RJ. Professora do Curso de Engenharia Civil. Av. Maracanã, 229, bloco E, 1º andar, CEP: 20271-110 – Maracanã – Maracanã. andreascunha@gmail.com. Tel: (55)(21) 2566-3057.

PROPOSTAS DE ENSINO COM A APLICAÇÃO DA TEMÁTICA ALIMENTOS EM AULAS DE QUÍMICA

Carlos Alberto Andrade Monerat

Ana Paula Inacio Diório

Marcelo Borges Rocha

RESUMO: O presente artigo objetiva discutir como o tema “alimentos” pode ser abordado nas aulas de química, no sentido de poder contribuir para uma melhor compreensão dos conteúdos. Para isso foram utilizadas algumas experiências do emprego desta temática em diferentes níveis do ensino, bem como atividades que podem ser realizadas com os alunos em sala de aula. Paralelamente às formas de desenvolvimento dessas atividades, é discutido como elas podem tornar as aulas mais contextualizadas com o cotidiano dos estudantes, fator fundamental para fazê-los adquirir uma visão crítica e reflexiva sobre a importância do tema, de forma que auxilie os indivíduos a apropriar-se dos conhecimentos básicos a cerca do seu mundo de forma mais autônoma, na construção de um cidadão que visualize diferentes possibilidades de solução para um determinado problema e que seja capaz de, com o conhecimento construído na escola, optar pela melhor contextualização dos fatos e aplicação no seu dia-a-dia.

Palavras-chave: Alimentos, Contextualização, Ensino, Química.

ABSTRACT: The present article aims to discuss how the theme “foods” can be used in the chemistry class, in the sense of make possible to contribute to a better understanding of content. For this was resorted some experiences of the use of this theme on different teaching levels, as well as activities that can be done with the students in classroom. On parallel at the developing forms of this activities is discussed how its can make the classes more contextualized with the students everyday, important factor to make them acquire a reflexive and critical view about theme’s importance, that help the individuals to appropriate themselves to the basics acquirements about their world in a more autonomous way, forming a citizen that view different possibilities of a given problem solution and be capable, with the knowledge built in the school, opt by the better facts contextualization and application on their everyday.

Keywords: Food, Contextualization, Teaching, Chemistry.

INTRODUÇÃO

A educação é um fenômeno observável em qualquer sociedade, se manifestando de diferentes formas nos grupos constituídos e constituintes do meio social. Brandão (1986) descreve que a educação engloba inúmeros dispositivos formais e informais que se entrelaçam na construção do conhecimento, no sentido da sistematização do processo ensinar-aprender. A educação voltada para a formalização do conhecimento enfoca a intencionalidade do saber com objetivos específicos de sistematizar os conhecimentos comuns, legitimando-os através de um processo de cientificação, onde a repartição do processo ensinar-aprender cria papéis específicos aos sujeitos de quem ensina e quem aprende.

Afirma-se então, que a educação, dentre múltiplos fatores, é exercida como dispositivo de sociabilização, culturalização e escolarização, ou seja, educação é um conjunto de conhecimentos cujo objetivo é, além de tudo, inserir o sujeito na sociedade, instrumentando-o com conhecimentos culturais não sistematizados e conhecimentos formalizados pelo processo de escolarização.

As ciências se constituem em disciplinas que, no âmbito escolar ou em qualquer ambiente educacional, procura incluir a linguagem e os conceitos científicos no cotidiano e na formação cultural dos educandos (MILARÉ et al, 2009).

Ainda segundo Milaré et al (2009), nesse sentido, o uso de determinados conceitos no ensino de ciências e no ensino de química pode colaborar na concretização, em sala de aula, de aspectos sociais e culturais, pois direcionam os conhecimentos científicos para uma finalidade prática, atribuindo importância para os alunos ao que é estudado e favorecendo a interdisciplinaridade, auxiliando na problematização e fazendo parte da realidade dos alunos.

Tal fator ajuda a evitar a grande incidência de conteúdos e a necessidade de memorização de conceitos e fórmulas, que caracterizam o ensino tradicional de química.

Portanto, e devido ao fato já observado por muitos educadores de que os estudantes demonstram dificuldades em aprender química nos vários níveis do ensino, com isso sentindo-se desmotivados, principalmente, por julgarem o conteúdo difícil e distante de suas realidades, muitos estudos têm chamado a atenção para a necessidade de um ensino, nesta disciplina,

contextualizado e relacionado com a vida cotidiana dos alunos.

Diante desta situação, muitos pesquisadores têm buscado formas de tornar as aulas de química mais prazerosas e de mais fácil compreensão por parte dos alunos, sem, no entanto, que a disciplina perca sua importância e seu caráter científico.

Tavares (2008) diz que a aprendizagem envolve a aquisição de novos conhecimentos, e explica que, para essa aprendizagem acontecer em relação a um determinado assunto são necessárias algumas condições, como o material instrucional, por exemplo, possuir o seu conteúdo estruturado de maneira lógica; a existência na estrutura cognitiva do aprendiz de conhecimento organizado e relacionável com o novo conteúdo; e ainda a vontade e disposição do aprendiz de relacionar o novo conhecimento com aquele já existente.

Portanto, partir de temas que os alunos já conhecem pode contribuir para que eles compreendam e interpretem o mundo a sua volta, sem que se estabeleça um obstáculo entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico.

Como exemplo, temos a abordagem de temas transversais como meio ambiente, agrotóxicos, lixo, alimentos, entre outros, os quais podem contribuir para que as aulas não sejam resumidas apenas na transmissão do conteúdo do livro-texto, mas passem a ter algum significado para o aluno.

Sob estes aspectos, o tema "Alimentos" pode ser um poderoso aliado para se ensinar química na sala de aula, justamente por, inevitavelmente, aproximar o aluno do seu cotidiano, pois esta é uma temática sempre vista por onde quer que se permeie.

Nesse sentido, Santos e Schnetzler (2000) constataram a importância dos temas químicos sociais, que objetivam efetivar a contextualização dos conteúdos programáticos.

Mediante ao exposto, fica claro que a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade torna-se essencial na formação científica do estudante, porém, devemos nos esforçar para que este discurso não fique apenas na teoria e sim na prática educativa diária (MUENCHEN e AULER, 2007).

Neste artigo, discutiremos, através de uma revisão bibliográfica, como o tema "Alimentos" pode ser utilizado nas aulas de química

e a sua contribuição para um melhor entendimento do seu conteúdo, já que essa temática possui um potencial integrador que pode auxiliar na compreensão interdisciplinar e contextualizada de muitos conteúdos abordados dentro da disciplina.

METODOLOGIA

O presente artigo será baseado em uma revisão bibliográfica, constituindo-se em uma síntese de temas relevantes a respeito dos alimentos e o seu envolvimento no ensino de química, permitindo o levantamento de alguns eixos temáticos que serão representados pela Rotulagem dos Alimentos, os Transgênicos e a Educação Alimentar.

A pesquisa ficará situada no campo teórico, que segundo Cervo et al (2007), tendo em vista seus objetivos, pode ser classificada como exploratória, pois tem como objetivo proporcionar maior ambientação com o problema, tentando torná-lo mais explícito, geralmente assumindo a forma de estudo de caso; e, em relação aos procedimentos técnicos, pode ser considerada como pesquisa bibliográfica ou documental, pois é desenvolvida com material elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

Os textos foram buscados nos seguintes periódicos: Revista Ciência e Educação, Educação em Química, Revista de Nutrição, Química Nova na Escola, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento e na Scientific Electronic Library Online (SCIELO), bem como nos livros e nos capítulos de livro relativos à disciplina.

O levantamento dos temas básicos descritos no início desta metodologia foi realizado com o objetivo de facilitar a compreensão de como o presente trabalho será estruturado e de como o professor poderá abordar tais temas em sala de aula, tendo a chance de contextualizar estes vários assuntos e, com isso, aproximá-los da realidade do aluno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se pensar uma temática para melhor aproximação dos conteúdos de química à realidade dos estudantes, tais como tecnologia, meio ambiente, saúde e estética, ponderou-se sobre o tema “alimentos”, pois, segundo os seus aspectos

gerais, favorece a interpretação das informações e dos procedimentos presentes no cotidiano, podendo esta estritamente estar baseada em conhecimentos científicos e técnicos.

De acordo com a pesquisa de Milaré et al (2009), para se discutir as relações entre o uso de temas no ensino de química, foram selecionados artigos de uma seção da revista “Química Nova na Escola” para identificação dos temas propostos pelos principais autores da área. “[...] Dos 29 artigos dessa seção, 9 enfocam Tecnologia; 9, Meio Ambiente; 6, Saúde e estética; 3, Alimentos; e 2 não foram categorizados.” O que vem a corroborar que a temática “Alimentos” faz parte das abordagens que despertam determinado interesse dos pesquisadores da área.

Portanto, a alimentação se constitui em um dos principais temas relacionados ao estudo de química, e a associação deste ao cotidiano do estudante, segundo Evangelista (1994), é deveras facilitada, pois se trata de um processo universal, responsável por atender às necessidades orgânicas do indivíduo, possibilitando seu crescimento, aumento e manutenção do peso e estatura, assim como aptidão para suas atividades de trabalho e boa disposição mental e espiritual.

Por esta razão, os alimentos devem conter em sua composição nutrientes capazes de suprir as necessidades básicas no organismo, as quais se traduzem nas necessidades plásticas, energéticas e reguladoras (EVANGELISTA, 1994).

Rotulagem dos Alimentos

Uma das características mais comuns das aulas de química é a memorização dos conteúdos, traduzidos em fórmulas, leis, etc., muito próximas do ensino tradicional, o que torna as aulas monótonas e impede a participação ativa dos estudantes para se construir o conhecimento a respeito desses conceitos que se está estudando (NEVES et al, 2009).

Com isso, na maioria das vezes, quando o conhecimento científico se faz necessário, essa apropriação acontece de maneira equivocada, contrariando os preceitos do estudo das ciências, o qual está relacionado com sua natureza e é motivado pela vontade de se conhecer mais profundamente sobre o ambiente que está a sua volta (PEDRANCINI et al, 2007, MILARÉ et al, 2009).

Estas considerações se fazem presentes principalmente em relação às informações sobre o conteúdo dos alimentos, onde os consumido-

res recebem os dados na forma de tabelas, percentuais e fórmulas químicas que supostamente trazem uma aparente confiabilidade ao produto em questão, porém, mais por desconhecimento da sua correta interpretação (CHASSOT et al, 2005).

Nesse âmbito, Santos e Schnetzler (2000) constataram a importância dos temas químicos sociais, que visam efetivar a contextualização dos conteúdos programáticos do ensino de química.

A rotulagem nutricional de alimentos realizada no Brasil é regulamentada pela Resolução nº 360, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e deve conter informações sobre valor energético (calórico), carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibras alimentares e sódio, de acordo com a quantidade por porção e a porcentagem do valor diário (ANVISA, 2003).

A rotulagem pode se constituir em um tema contextualizador se forem desenvolvidas atividades didáticas que procurem a participação dos alunos. Uma destas atividades pode ter por base a relação dos compostos orgânicos com os principais nutrientes presentes nos alimentos, de acordo com seus respectivos rótulos, onde algumas funções da química orgânica podem ser correlacionadas com os componentes dos alimentos por meio da análise destes rótulos e o seu papel no organismo (NEVES et al, 2009).

Ainda segundo Neves et al (2009), outra atividade interessante a ser desenvolvida no ensino de química, em sala de aula, de comprovada eficiência em despertar o interesse dos alunos é a de mobilizar as turmas a realizar pesquisas em supermercados ou em seus próprios lares em relação aos rótulos de determinados alimentos normalmente consumidos, apresentando um trabalho de análise e interpretação do material coletado.

O resultado constatado por este tipo de atividade pode ser determinado sob vários aspectos como, por exemplo, apresentando os principais grupos bioquímicos presentes nos alimentos, analisando-se tanto as estruturas gerais (glicídios, proteínas e triacilgliceróis) quanto compostos específicos, tais como glicose, frutose, sacarose, lactose, vitaminas e colesterol. Essa análise possibilita a identificação e correlação com as funções orgânicas estudadas na química (NEVES et al, 2009).

Estas atividades proporcionaram uma participação intensa, com comentários e per-

guntas, demonstrando bastante interesse por parte dos estudantes, transformando a contextualização em uma estratégia interessante e importante, permitindo uma correlação entre os componentes analisados nos rótulos, as moléculas e seu papel na alimentação. Ainda conforme informam Neves et al (2009), dentre o que pôde ser apurado em termos de benefícios para o processo ensino-aprendizagem na química, em relação aos rótulos presentes nos diversos alimentos pesquisados, temas como a identificação dos grupamentos funcionais nas estruturas químicas dos alimentos, correção quanto ao uso de alguns termos equivocadamente, a importância de uma dieta balanceada, favorecendo o consumo de alimentos mais saudáveis, dentre outros.

Até uma ida ao supermercado tornou-se uma atividade motivadora, já que a pesquisa foi realizada num ambiente extraclasse e em grupo, além de contribuir para aproximar a química do dia-a-dia dos alunos.

Transgênicos

A Biotecnologia torna-se cada vez mais abrangente em nossas vidas, pois envolve o desenvolvimento de técnicas, produtos ou processos utilizando estruturas de organismos vivos, que participam da composição de vários produtos utilizados no dia-a-dia. É uma área transdisciplinar, que engloba diversas áreas do conhecimento, como Química, Bioquímica, Genética, Agronomia, Microbiologia, Farmacologia, Imunologia, entre outras. A biotecnologia tornou-se bastante conhecida através de pesquisas que resultaram na confecção de alimentos e fármacos importantes. (TAKAHASHI et al, 2008).

Este tema perpassa por alguns objetivos do ensino de ciências e dos conteúdos científicos a serem trabalhados por ele, que são:

"[...] ajudar os estudantes a tornarem-se mais capacitados nas suas interações com o mundo material pela ênfase em um modo de conhecer mais tecnológico, mais útil do ponto de vista prático; desenvolver gradualmente a compreensão dos estudantes de um pequeno número de "modelos mentais" sobre o comportamento do mundo natural". (MILLAR, 2003, p. 83)

Segundo Takahashi et al (2008), a biotecnologia direciona seu desenvolvimento para além da produção supracitada. No entanto, justamente por gerar inovações, a biotecnologia parece cada vez mais difícil de ser entendida,

justamente por quem, na maioria das vezes, é o sujeito passivo dos avanços dessa área.

Conceituando o termo “alimentos transgênicos”, de acordo com o texto dos autores supracitados, pode-se dizer que esta tecnologia começou com o desenvolvimento de técnicas de engenharia genética que visavam um melhoramento genético que pudesse promover a resistência de vegetais a doenças e insetos, sua adaptação aos estresses ambientais e melhoria da qualidade nutricional (ARAGÃO et al., 2001). Esse melhoramento genético iniciou-se, de forma rudimentar, com a seleção de sementes de plantas produtivas em detrimento de plantas menos relevantes em uma mesma lavoura.

Portanto, segundo Borém e Santos (2003), apud Takahashi et al (2008), transgênico seria um:

“[...] organismo cujo genoma foi alterado pela introdução de DNA exógeno, que pode ser derivado de outros indivíduos da mesma espécie, de uma espécie completamente diferente ou até mesmo de uma construção gênica sintética”. (p. 297-298).

No entanto, fatores como a expansão da fronteira agrícola, a busca por maior produtividade e maior variabilidade levaram ao desenvolvimento da clonagem de genes. Essa técnica tornou possível isolar um gene de um organismo e introduzi-lo em outro como, por exemplo, uma planta que, ao expressá-lo, manifestará a característica que ele determina.

Saber o que os alunos compreendem a respeito de temas relativos a estudos produzidos na atualidade, além dos próprios docentes, mostra-se uma estratégia para que seja possível organizar um ensino que promova, no aluno, a capacidade de posicionar-se de forma esclarecida acerca de tais conhecimentos (PEDRANCINI et al, 2008).

Contudo, ensinar biotecnologia parece não ser uma tarefa simples, pois a compreensão dessas novas temáticas envolve o entendimento dos fenômenos que ocorrem em nível molecular e, portanto, podem ser explicados por meio de conceitos químicos, físicos e biológicos, podendo, portanto, serem aplicados na área de Química. (TAKAHASHI et al, 2008).

Os transgênicos foram o tema utilizado nos estudos de Pedrancini et al (2008) e Takahashi et al (2008), para determinar o nível de conhecimento de alunos e docentes sobre

a biotecnologia, onde constatou-se que a mídia tem uma grande parcela de contribuição, já que, nas pesquisas, os entrevistados deram suas respostas descrevendo que obtiveram tais informações por meio de jornais, revistas, televisão ou que os haviam estudado na escola. Porém, é interessante ressaltar que as manifestações dos alunos em relação ao que sabiam sobre o assunto “Transgênicos” revelam que a contribuição da escola na aquisição desse conhecimento pouco se difere da que acontece por meio de jornais, revistas, rádio e televisão, já que nas escolas estudadas tal tema não é muito comentado.

Portanto, os transgênicos se constituem em um exemplo de tecnologia a qual o cidadão comum não está sendo capaz de julgar nem de se posicionar criticamente quanto ao assunto. Este fato interfere diretamente na preocupação em apresentar uma química conectada com o progresso da ciência e na fronteira com outras áreas do conhecimento parece extremamente oportuna e importante para a formação do aluno, para sua inserção social e para fomentar sua capacidade crítica.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) falam em fortalecer conceitos, romper consensos, construir saberes, entre muitos outros. Também citam a necessidade de uma formação mais sólida, que auxilie o indivíduo a inserir-se em seu mundo de forma mais autônoma e mais crítica, na formação de um cidadão que visualize diferentes possibilidades de solução para um determinado problema e que seja capaz de, com o conhecimento construído na escola, optar pela melhor solução (BRASIL, 1999).

Educação Alimentar

Vários estudos chamam a atenção, até do ponto de vista da saúde pública, para os problemas de saúde que aumentam cada vez mais em relação a hábitos alimentares um tanto inadequados e dietas mal orientadas em relação à nutrição (GONZALEZ & PALEARI, 2006).

Como exemplos desta tendência apresentam-se novos estilos de vida, formando pessoas dependentes de refeições rápidas, alimentos industrializados que são comercializados em praticamente todos os locais, da comodidade de controles remotos e transportes para locais onde se poderia chegar tranquilamente sem ele, de coquetéis vitamínicos e pílulas de emagrecimento, além da desigualdade social que impede determinadas pessoas de terem uma condição alimentar adequada (GONZALEZ & PALEARI, 2006).

Em alguns estudos realizados, chegou-se a conclusão de que muitos alunos não têm o conhecimento básico sobre o processo de nutrição e digestão alimentar, chegando a ponto de ignorar a existência de vitaminas e sais minerais em frutas, verduras e legumes, enfim, conceitos elementares sobre as condutas alimentares adequadas a boa saúde humana. Costa et al (2001) sugerem que o programa de alimentação escolar pode ser de grande valor para o desenvolvimento de atividades educativas, o qual também passa pelo ensino de química e não somente pelo ensino de biologia, ou seja, das ciências de um modo geral, onde vários fatores podem estar contribuindo para este caso.

Constata-se também, em relação ao tratamento metodológico do ensino, que este leva os alunos a se manterem desinteressados e a não desenvolver os conhecimentos relevantes que possuem sobre o tema.

Os problemas de saúde oriundos da má alimentação continuarão a existir caso as práticas educativas não sejam reformuladas de forma a garantir que o estudante envolva-se na construção do seu conhecimento, por intermédio de atividades motivadoras integradas às suas experiências cotidianas, ao invés de aulas expositivas ilustradas com figuras, como faz a maioria dos professores (GONZALEZ & PALEARI, 2006).

Portanto, ainda conforme Gonzalez & Paleari (2006), existe a necessidade do professor rever sua postura e atualizar-se para exercer seu papel de educador da melhor forma. O docente não pode subestimar a capacidade dos estudantes. Precisa utilizar seu espaço de aula com atividades desafiadoras para despertar-lhes o interesse e estimular o desenvolvimento significativo, com ênfase nos aspectos que permitem a sistematização de conhecimentos e posturas reflexivas e críticas.

Por outro lado, o correto conhecimento das funções dos nutrientes é importante não só para a formação geral dos estudantes, como também para as decisões acertadas a respeito de práticas sociais, como a escolha de dietas adequadamente prescritas e seguidas ou a prática de esportes (LUZ & OLIVEIRA, 2008).

Algumas escolas trabalham com projetos que aliam ações educativas em alimentação, nutrição, saúde e meio ambiente, objetivando a implantação gradativa, dentro do Projeto Político Pedagógico destas escolas, da formação de bons hábitos alimentares, elevando a qualidade das refeições servidas em todas as unidades escolares da referida rede, através da introdução

de alimentos orgânicos nos cardápios (CUNHA et al, 2010).

De acordo com este pensamento, um dos caminhos para que estes conhecimentos possam fazer parte da estrutura curricular básica da escola é a sensibilização dos professores sobre seu papel de facilitador na construção dos temas sobre saúde, alimentação e nutrição, através de metodologias integradoras (GAGLIANO-NE et al, 2006).

Como aliado, o Programa de Alimentação Escolar pode tornar-se um espaço favorável à aprendizagem, como um processo social e permanente, para que todos aqueles que exercem suas atividades neste cenário possam conduzir sua alimentação para uma vida mais saudável, cientes dos limites e possibilidades de suas práticas alimentares (CUNHA et al, 2010).

Também segundo Cunha et al (2010), ainda não há uma transversalidade dos temas saúde, alimentação e nutrição, pois estes são apontados somente em algumas disciplinas, leia-se Ciências. A partir dos resultados deste estudo enfatiza-se a importância da implementação de ações de educação em saúde e nutrição, aproveitando-se o contexto da utilização dos alimentos na escola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta revisão de estudos sobre a temática dos alimentos no ensino de química, defendemos que esse tema se constitui numa boa maneira de tornar as aulas de química contextualizadas e mais próximas da realidade dos estudantes já que o próprio tema permite essa aproximação.

Acreditamos que os pontos abordados no texto podem contribuir significativamente para que os alunos participem das aulas de maneira interativa, o que colabora para um melhor conhecimento acerca dos conteúdos de química, visto que os estudantes irão construir o conhecimento a partir de assuntos familiares a sua vida cotidiana, o que reforça Milaré et al (2009), “[...] esta aproximação com os conteúdos formais de química pode proporcionar aos alunos a construção de ideias acerca dos aspectos históricos, sociais, culturais e tecnológicos relacionados aos temas, contribuindo dessa forma para a formação da cidadania”. Sendo assim, as questões relacionadas à ciência e à tecnologia e os conteúdos escolares tornam-se mais expressivos.

Os tópicos citados (rotulagem de alimentos, transgênicos e educação alimentar) são apenas alguns exemplos das formas pelas quais o tema gerador “Alimentos” pode ser inserido em sala de aula. Assim como esses assuntos foram abordados em algumas atividades específicas, o professor pode adaptá-las a sua realidade escolar e aplicá-las de forma que promovam a participação dos alunos, colaborem para uma visão não distorcida do ensino de química e para um melhor conhecimento dos seus conceitos.

Portanto, a introdução de temas integradores no ensino de ciências, especificamente, no ensino de química pode ser uma maneira de aproximar os conteúdos escolares da realidade dos alunos e, desta forma, permitir que eles percebam o significado e a validade daquilo que estudam, tornando os conteúdos menos distantes e menos assépticos.

Referências bibliográficas

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de Diretoria Colegiada nº 360: Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**. Brasília, 23 de dezembro de 2003. Disponível em: < <http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word>>. Acessado em 04 de Abril de 2010.
- ARAGÃO, F. J. L. et al. Transgênico resistente a geminivírus. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, 19, p. 22-26, 2001.
- BRANDÃO, C. R. **O que é educação**. 17 Ed. São Paulo: Brasiliense, 1986. 117 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria da Educação Média e Tecnológica – Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. Metodologia Científica. In: _____. **A pesquisa**. 6ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. p. 55-68.
- CHASSOT, A.; VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M. Os rótulos e a unidade calórica. **Química Nova na Escola**. nº 21. Maio/2005.
- COSTA, E. Q.; RIBEIRO, V. M. B.; RIBEIRO, E. C. O. Programa de alimentação escolar: espaço de aprendizagem e produção de conhecimento. **Revista de Nutrição**. v. 14, n. 3, 12-25pp., 2001.
- CUNHA, E.; SOUSA, A. A.; MACHADO, N. M. V. A alimentação orgânica e as ações educativas na escola: diagnóstico para a educação em saúde e nutrição **Ciência & Saúde Coletiva**. 15(1):39-49 pp, 2010.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 1994.
- GAGLIANONE, C. P. et al. Educação nutricional no ensino público fundamental em São Paulo, Brasil: projeto redução dos riscos de adoecer e morrer na maturidade. **Revista de Nutrição**. 19(3): 309-320 pp., 2006.
- GONZALEZ, F. G.; PALEARI, L. M. O Ensino da Digestão-Nutrição da Era das Refeições Rápidas e do Culto ao Corpo. **Ciência & Educação**. v.12, n. 1,13-24 pp., 2006.
- LUZ, M.; OLIVEIRA, M. F. A. Identificando os nutrientes energéticos: uma abordagem baseada em ensino investigativo para alunos do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. vol. 8, n 2, 2008.
- MILARÉ, T, RICHETTI, G. P. e FILHO, J. P. A.; Alfabetização Científica no Ensino de Química: Uma Análise dos Temas da Seção Química e Sociedade da Revista Química Nova na Escola. **Química Nova na Escola**. Vol. 31, Nº 3, AGOSTO 2009.
- MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio**, v. 5, n. 2, 2003.
- MUENCHEN, C.; AULER, D. Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, 421-434pp., 2007..
- NEVES, A. P.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Interpretação de Rótulos de Alimentos no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. vol. 31 nº 1, Fevereiro. 2009.
- PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 6, Nº 2, 299-309 pp., 2007.
- _____. et al. Saber Científico e Conhecimento Espontâneo: Opiniões de Alunos do Ensino Médio sobre Transgênicos. **Ciência & Educação**, v. 14, n.1, p.135-146, 2008.
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Injuí, 2000.
- TAKAHASHI, J. A.; MARTINS, P. F. F.; QUADROS, A. L. Questões Tecnológicas Permeando o Ensino de Química: O Caso dos Transgênicos. **Química Nova na Escola**. nº 29. Agosto. 2008.
- TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**. Vol 13, 94-100 pp., 2008.

Dados dos autores

Carlos Alberto Andrade Monerat - Mestre em Ensino de Ciências, Centro Universitário Celso Lisboa, Professor, Rua 24 de Maio, 797, Engenho Novo, Rio de Janeiro - RJ, CEP: 20950-092. Tel.: (21) 3289-4747. cmonerat@ig.com.br

Ana Paula Inácio Diório - Mestre em Ensino de Ciências, Instituto Oswaldo Cruz/IOC/FIOCRUZ, Av. Brasil, 4365, Mangueiras – Rio de Janeiro – RJ, CEP: 2104-360. Tel: (21) 2598-4220, anapdiorio@gmail.com

Marcelo Borges Rocha - Doutor em Ciências Biológicas, CEFET/RJ, Professor, Av. Maracanã, 229, Maracanã, Rio de Janeiro. Tel: (21) 25694495, rochamarcelo36@yahoo.com.br

MODELAGEM MATEMÁTICA DA IMUNOLOGIA DE HIV: O ESTUDO DAS CÉLULAS DE DEFESA ATIVADAS

Camila Vianna de Magalhaes

Roberto Carlos Antunes Thomé, DSc.

Dayse Haime Pastore, DSc.

Hyun Mo Yang, DSc.

RESUMO: Estudamos um modelo matemático que descreve a dinâmica de propagação do HIV no organismo humano. Este modelo é apresentado por meio de um sistema de equações diferenciais ordinárias que envolvem células suscetíveis, células infectadas, HIV, células de defesa e células de defesas ativas. A diferença desse modelo para outros encontrados na literatura são exatamente dois momentos de atuação do sistema imunológico na defesa contra o HIV: as células sem ativação para o HIV e as células ativadas para o HIV. Com o objetivo de minimizar os efeitos colaterais da medicação através de um complexo de drogas que atacam o HIV em vários estágios do seu ciclo de vida, introduzimos variáveis de controle que representam o tratamento do paciente infectado.

Palavras-chave: HIV, Modelagem Matemática, variáveis de controle.

ABSTRACT: We study a mathematical model that describes the dynamics of the propagation of HIV in the human body. This model is presented by using a system of ordinary differential equations involving susceptible cells, infected cells, HIV and cell-specific defense. The most difference of this model to others found in the literature are exactly two moments of action of the immune system in the defense against HIV: the cells without activation for HIV and cells activated for HIV. In order to minimize the collateral effects of medication through a complex drugs that attack HIV at various stages of their life cycle, we introduced control variables representing the treatment of infected patients.

Keywords: Mathematical modeling, HIV, control variables.

1. INTRODUÇÃO

O vírus da Imunodeficiência Humana, também conhecido como HIV, (sigla em inglês para human immunodeficiency virus), é da família dos retrovírus e o responsável pela AIDS. A infecção pelo HIV resulta em uma doença crônica e progressiva, que pode levar à destruição do sistema imunológico. A evolução da doença se caracteriza por uma elevada taxa de replicação viral, que resulta na emergência de variantes virais mais virulentas. A infecção pelo HIV é, atualmente, delimitada pela contagem do número de células CD4+ pela quantidade de partículas virais no sangue (carga viral) e pelos sintomas clínicos. Nem todas as pessoas apresentam todos os estágios da doença, e o tempo entre a infecção e a manifestação dos diferentes quadros clínicos pode variar muito, dependendo do indivíduo, segundo o Departamento de Vigilância Epidemiológica (Ministério da Saúde, 2010).

Para se reproduzir, o HIV une-se à membrana de uma célula vital para o sistema imunológico, a T4. O vírus libera seu RNA e uma enzima, a transcriptase reversa, com a qual fabrica o DNA viral. O DNA viral entra no núcleo e une-se ao DNA da célula, assumindo o comando. O resultado dessa união é o DNA Pró-Viral que fabrica o RNA mensageiro com o código genético do vírus. O RNA mensageiro desloca-se para o citoplasma e produz os Víriões. Os Víriões saem da célula hospedeira como novos HIV's. Um único vírus gera muitos outros pontos para infectarem outras células (Amendoeira, 2009).

O modelo proposto apresenta-se com a introdução de uma nova variável que é chamada de células específicas de defesa ativadas. Consideramos que isso é extremamente importante para o modelo uma vez que em nosso organismo já possuímos células de defesa estando contaminado ou não. Faz parte do conjunto de células de qualquer indivíduo, possuir células suscetíveis e células de defesa que estão prontas para nos defender desde uma simples infecção

até algo mais grave. Com a contaminação pelo HIV, o que ocorre é justamente a destruição dessas células que ficaram impedidas de nos defender de uma simples gripe podendo tornar-se algo muito mais perigoso ao nosso organismo. Sendo assim, uma vez contaminada, a pessoa passa a ter também, células infectadas, vírus e células específicas de defesa ativadas que estarão ali presentes com o intuito de tentar destruir exatamente o HIV.

2. APRESENTAÇÃO DO MODELO

Quando o HIV invade o corpo humano, o alvo são as células de defesa T CD4+ presentes no organismo. Essas células, consideradas como "auxiliares", sinalizam a presença de um invasor para as outras células de defesa (B e T CD8+). As células T CD8+ são as que respondem a esse sinal para destruírem as células infectadas. A partir dessa resposta elas se tornam específicas para o HIV. Neste trabalho, estamos propondo um novo modelo matemático para estudar a dinâmica do HIV no sistema imunológico humano. Estamos propondo modificações de vários modelos existentes na literatura (Grégoire et al., 2009, Komarova et al., 2001, Nowak et al., 2000 & Perelson et al., 1999).

Uma delas é introdução de uma nova variável para melhor descrever a defesa do sistema imunológico.

Esse modelo é dado pelo sistema de equações diferenciais ordinárias que reproduziremos a seguir:

$$\begin{cases} \dot{x} &= \lambda_x - \mu_x x - \beta_v x v \\ \dot{y} &= \beta_v x v - \mu_y y - p_y y z_a \\ \dot{v} &= k_v \mu_y y - \mu_v v - p_v v z_a \\ \dot{z} &= \lambda_z - \mu_z z - \beta_z z v \\ \dot{z}_a &= \beta_z z v - \mu_z z_a \end{cases} \quad (1)$$

Variáveis de Estado	Nomenclatura	Valor
Células T CD4+ existentes no organismo (susceptíveis)	x	10^3 mm^3
Células T CD4+ infectadas pelo HIV	y	0 mm^3
HIV livres no organismo	v	10^{-3} mm^3
Células de defesa T CD8+ específicas para o HIV	z	500 mm^3
Células de defesa ativadas	z_a	0 mm^3

Parâmetros e Constantes	Nomenclatura	Valor
Mortalidade das células suscetíveis	μ_x	0,02 dia ⁻¹
Mortalidade das células infectadas	μ_y	0,24 dia ⁻¹
Mortalidade do vírus	μ_v	2,4 dia ⁻¹
Mortalidade das células defesa	μ_z	0,04 dia ⁻¹
Número médio de vírus livre liberado por uma célula infectada	k_v	360
Taxa de ativação da resposta imunológica	β_z	5.10 ⁻⁶ mm ³ dia ⁻¹
Taxa de infecção do vírus	β_v	2,4.10 ⁻⁵ mm ³ dia ⁻¹
Taxa de destruição de células infectadas	p_y	0,2 mm ³ dia ⁻¹
Taxa de destruição dos vírus	p_v	0,2 mm ³ dia ⁻¹
Taxa de suprimento das células suscetíveis	λ_x	20 mm ³ dia ⁻¹
Taxa de suprimento das células de defesa	λ_z	20 mm ³ dia ⁻¹

Tabela 1: Condição Inicial e Parâmetro

No sistema (1), a variável Z é a população de todas as células efectoras da resposta imunológica em repouso e a variável za é a população dessas células ativadas no combate as células infectadas, que está respondendo com anticorpos.

Os valores usados nas simulações numéricas (vide tabela 1) foram retirados dos artigos (McClean, 2013, Nowak et al., 2000 & Perelson et al., 1999). Dessa forma, podemos concluir que o número de reprodução básica do vírus é dado por:

$$R_0 = \frac{\lambda_x \beta_v k_v}{\mu_x \mu_v} \quad (2)$$

Ao analisarmos os parâmetros do sistema (1), podemos concluir que:

- $\frac{\lambda_x}{\mu_x}$ é o número de células suscetíveis(alvo);
- $\left(\frac{\lambda_x}{\mu_x}\right) \cdot \beta_v$ é a taxa de infecção(encontro) devido a um vírus;
- $\frac{1}{\mu_v}$ é a vida média do vírus;
- $\left(\frac{\lambda_x}{\mu_x}\right) \cdot \beta_v \cdot \frac{1}{\mu_v}$ é a taxa de infecção de um vírus em uma célula;
- $\left(\frac{\lambda_x}{\mu_x}\right) \cdot \beta_v \cdot \frac{1}{\mu_v} \cdot k_v$ o número médio de vírus liberado por uma célula infectada;

Veremos que se $R_0 < 1$, então não teremos infecção (extinção do vírus). Por outro lado, se $R_0 > 1$, então teremos infecção (propagação do HIV).

3. PONTOS DE EQUILÍBRIO

Os pontos de equilíbrio do sistema dinâmico (1) são dados pela relação:

$$P = (\bar{x}, \bar{y}, \bar{v}, \bar{z}, \bar{z}_a) = \left(\frac{\lambda_x}{\mu_x + \beta_v \bar{v}}, \bar{y}, \bar{v}, \frac{\lambda_z}{\mu_z + \beta_z \bar{v}}, \frac{\lambda_z \beta_z \bar{v}}{\mu_z (\mu_z + \beta_z \bar{v})} \right) \quad (3)$$

onde:

$$\bar{y} = \frac{\lambda_x \beta_v \mu_z (\mu_z + \beta_v \bar{v})}{(\mu_x + \beta_v \bar{v}) [\mu_y \mu_z (\mu_z + \beta_v \bar{v}) + p_y \lambda_z \beta_z \bar{v}]} \cdot \bar{v} \quad (4)$$

ou:

$$\bar{y} = \frac{[\mu_v \mu_z (\mu_z + \beta_v \bar{v}) + p_v \lambda_z \beta_z \bar{v}]}{k_v \mu_y \mu_z (\mu_z + \beta_v \bar{v})} \cdot \bar{v}. \quad (5)$$

3.1 Ponto de Equilíbrio Trivial

Para uma pessoa não infectada pelo HIV temos $\bar{v} = 0$. Substituindo isso em (3), então o ponto de equilíbrio trivial é dado por:

$$P_o = (\bar{x}, \bar{y}, \bar{v}, \bar{z}, \bar{z}_a) = \left(\frac{\lambda_x}{\mu_x}, 0, 0, \frac{\lambda_z}{\mu_z}, 0 \right) \quad (6)$$

3.2. Ponto de Equilíbrio Não-Trivial

Para uma pessoa infectada pelo HIV, temos $\beta = 0$. Com isso, igualando as equações (4) e (5) e simplificando essa equação por $\beta = 0$, encontramos a equação polinomial de grau 3 dada por:

$$a_3 \bar{v}^3 + a_2 \bar{v}^2 + a_1 \bar{v} + a_0 = 0. \quad (7)$$

Onde os coeficientes são dados por:

$$a_3 = \mu_y \mu_v \mu_z^2 \beta_v \beta_z^2 + \mu_v \mu_z \beta_v \beta_z^2 p_y \lambda_z + \mu_y \mu_z \beta_v \beta_z^2 p_v \lambda_z + \beta_v \beta_z^2 p_y p_v \lambda_z^2, \quad (8)$$

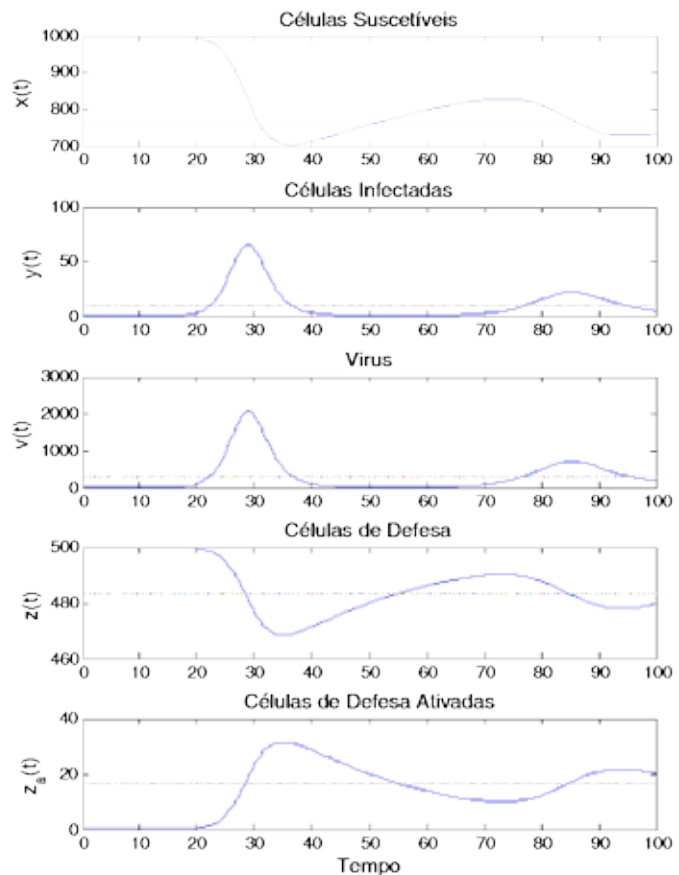
$$a_2 = \mu_x \mu_y \mu_v \mu_z^2 \beta_z^2 (1 - R_0) + 2\mu_y \mu_v \mu_z^3 \beta_v \beta_z + \mu_v \mu_z^2 \beta_v \beta_z p_y \lambda_z + \mu_y \mu_z^2 \beta_v \beta_z p_v \lambda_z + \mu_x \mu_v \mu_z^2 \beta_z^2 p_y \lambda_z + \mu_x \mu_y \mu_z \beta_z^2 p_v \lambda_z + \mu_x \beta_z^2 p_y p_v \lambda_z^2, \quad (9)$$

$$a_1 = 2\mu_x \mu_y \mu_v \mu_z^3 \beta_z (1 - R_0) + \mu_x \mu_v \mu_z^2 \beta_z p_y \lambda_z + \mu_x \mu_y \mu_z^2 \beta_z p_v \lambda_z + \mu_y \mu_v \mu_z^4 \beta_v, \quad (10)$$

$$a_0 = \mu_x \mu_y \mu_v \mu_z^4 (1 - R_0) \quad (11)$$

A solução da equação (7) foi encontrada com o uso do software MAPLE, porém deixamos a análise dessas soluções para trabalhos futuros.

A figura 1 mostra a simulação numérica do modelo (1) utilizando o método de Runge-Kutta (pacote ODE45 do software MatLab). Nessa simulação observamos que o modelo representa o comportamento do sistema imunológico na presença do HIV já conhecido na literatura (Chun et al., 1997, Ho et al., 1995, Lefeuille et al., 1996 & Perelson et al., 1999). Além disso, podemos observar que rapidamente o sistema esta se aproximando de um ponto de equilíbrio não-trivial (representado no gráfico por uma reta constante).



4. ESTABILIDADE

Pelo teorema de Hartman-Grobman (Kreyszig, 1978), podemos dizer que um ponto de equilíbrio é estável, se o sinal da parte real dos autovalores da matriz jacobiana aplicada no ponto, a ser estudado, é negativa. A matriz jacobiana do

sistema (1), $J(P)$, é dada por:

$$J(P) = \begin{pmatrix} -\mu_x - \beta_v \bar{v} & 0 & -\beta_v \bar{x} & 0 & 0 \\ \beta_v \bar{v} & -\mu_y - p_y \bar{z}_a & \beta_v \bar{x} & 0 & -p_y \bar{y} \\ 0 & k_v \mu_y & -\mu_v - p_v \bar{z}_a & 0 & -p_v \bar{v} \\ 0 & 0 & -\beta_z \bar{z} & -\mu_z - \beta_z \bar{v} & 0 \\ 0 & 0 & \beta_z \bar{z} & \beta_z \bar{v} & -\mu_z \end{pmatrix}, \quad (12)$$

Calculada nos valores correspondentes aos pontos de equilíbrio.

A matriz jacobiana calculada no ponto de equilíbrio trivial (6) é dada por:

$$J(P_0) = \begin{pmatrix} -\mu_x & 0 & -\frac{\beta_v \lambda_x}{\mu_x} & 0 & 0 \\ 0 & -\mu_y & \frac{\beta_v \lambda_x}{\mu_x} & 0 & 0 \\ 0 & k_v \mu_y & -\mu_v & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{\beta_z \lambda_z}{\mu_z} & -\mu_z & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\beta_z \lambda_z}{\mu_z} & 0 & -\mu_z \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Os autovalores da matriz $J(P_0)$ são raízes r do polinômio característico $p(r)$ dado por :

$$p(r) = -(\mu_x + r)(\mu_z + r)^2 \cdot \begin{vmatrix} -\mu_y - r & \frac{\beta_v \lambda_x}{\mu_x} \\ k_v \mu_y & -\mu_v - r \end{vmatrix} \quad (14)$$

Observe que $-\mu_x$ e $-\mu_z$ são autovalores negativos da matriz jacobiana $J(P_0)$. Os outros autovalores são obtidos através da solução do segundo grau dada por:

$$(\mu_y + r)(\mu_v + r) - \frac{k_v \mu_y \beta_v \lambda_x}{\mu_x} = 0, \quad (15)$$

isto é,

$$r^2 + (\mu_y + \mu_v)r + \left(\mu_y \mu_v - \frac{k_v \mu_y \beta_v \lambda_x}{\mu_x} \right) = 0. \quad (16)$$

As soluções de (15) são dadas por:

$$r_1 = \frac{-(\mu_y + \mu_v) - \sqrt{\Delta}}{2} \text{ e} \quad (17)$$

$$r_2 = \frac{-(\mu_y + \mu_v) + \sqrt{\Delta}}{2}, \quad (18)$$

Onde

$$\Delta = (\mu_y + \mu_v)^2 - 4 \left(\mu_y \mu_v - \frac{k_v \mu_y \beta_v \lambda_x}{\mu_x} \right) \quad (19)$$

Para que P_0 seja sempre localmente e assintoticamente estável, iremos analisar Δ :

Se $\Delta < 0$, então a parte real de r_1 e r_2 , dada por $\frac{-(\mu_y + \mu_v)}{2}$, é negativa.

Se $\Delta = 0$, então $r_1 = r_2 = \frac{-(\mu_y + \mu_v)}{2} < 0$.

Se $\Delta > 0$, então temos duas raízes reais distintas, onde $r_1 < 0$. Para que $r_2 < 0$, basta exigir que o produto $r_1 r_2$ seja positivo. Isto implica que:

$$4 \left(\mu_y \mu_v - \frac{k_v \mu_y \beta_v \lambda_x}{\mu_x} \right) > 0.$$

Dessa forma, precisamos que:

$$\frac{k_v \beta_v \lambda_x}{\mu_x \mu_v} < 1 \quad (20)$$

Assim, se $R_0 < 1$ (número de reprodução básica do vírus), pelo que acabamos de ver em (18), o ponto de equilíbrio trivial P_0 dado em (6) é estável. Ou seja, nesse caso, a infecção não se propagaria no organismo do indivíduo.

5. CONCLUSÃO

Nas simulações numéricas do problema sem controle escolhemos o período de 100 dias para representar um paciente infectado pelo HIV por cerca de 3 meses e que não recebeu nenhum tipo de tratamento. Após o período de um mês, podemos perceber um grande aumento do número de vírus e das células infectadas. Além disso, é possível perceber o decaimento das células suscetíveis e das células de defesa efetoras da resposta imunológica. O modelo proposto descreve de maneira aceitável o comportamento do HIV no organismo humano, assim como fazem os demais modelos. O diferencial nesse modelo é podermos analisar separadamente as células de defesa ativadas. Percebemos uma migração das células de defesa para o compartimento das células de defesa ativadas.

Acreditamos que isso possa levar, com o passar dos anos, a saturação do sistema imunológico. Além disso, os resultados parecem sugerir uma tendência para um dos pontos de equilíbrio não trivial do sistema dinâmico.

Para simular o tratamento de um paciente infectado pelo HIV, utilizamos o valor final do primeiro teste como condição inicial para o problema de controle ótimo (início do tratamento). Observamos que logo na primeira semana do tratamento tivemos uma redução das células alvo (suscetíveis). Isso se deve ao fato dessas células se tornarem células protegidas. O mesmo pode ser observado para as células infectadas, que diminuem, enquanto as células infectadas bloqueadas aumentam nesse período. Podemos observar também que o número de vírus decai rapidamente se mantendo próximo de zero (seu respectivo equilíbrio trivial). Dessa forma, em trabalhos futuros, iremos nos aprofundar no estudo dessas questões, com o intuito de sugerirmos um tratamento com o uso de inibidores (medicamentos) por meio do uso da teoria de controle ótimo.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CEFET/RJ e ao CNPQ por todo apoio financeiro que possibilitou a realização desse trabalho.

Referências bibliográficas

- AMENDOEIRA, M. Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde. **EPSJV**, Rio de Janeiro, 2009.
- CHUN, T. W.; CARRUTH, L.; FINZI, D. et al. Quantification of latente tissue reservoirs and total body viral load in HIV-1 infection. **Nature**, n. 387, p.183-188, 1997.
- GREGIO, J. M.; CAETANO, M. A. L.; YONEYAMA, T. State estimation and optimal long period clinical treatment of HIV seropositive patients. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro, v. 81, n. 1, Mar. 2009.
- HO, P. P.; Neumann, A. U.; Perelson, A. S.; Chew, W.; Leonardo, J. M.; Markowitz, M. Rapid turnover of plasma virions and CD4 lymphocytes in HIV-1 infection. **Nature**, n. 373, p. 123-126, 1995.
- KOMAROVA, N.; NOWAK, M. A. The evolutionary dynamics of the lexical matrix. **Bulletin of Mathematical Biology**, n. 63, p. 451-484, 2001.
- KREYSZIG, E. Introductory Functional Analysis with Applications. **Wiley**, 1978.
- LAFEUILLADE, A.; POGGI, C.; PROFIZI, N. et al. Human immunodeficiency virus type 1 in lymph nodes compared with plasma. **J. Infect. Dis.**, n. 174, p. 404-407, 1996.
- MCLEAN, A. R. Infectious disease modeling. In Phyllis Kanki and Darrell Jay Grimes, editors, **Infectious Diseases**, p. 99-115. Springer New York, 2013.
- Ministério de Saúde. Doenças Infecciosas e Parasitárias: guia de bolso. 8 ed. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2010.
- NOWAK, M.; MAY, R. M. Virus dynamics mathematical principles of immunology and virology. **Oxford**, 2000.
- PERELSON, A. S.; NELSON, P. W. Mathematical analysis of HIV-1 dynamics in vivo. **SIAM Rev.**, v. 41, n. 1, p. 3-44, 1999.

Dados dos autores:

Camila Vianna de Magalhaes - Atualmente é estudante de engenharia de produção no Cefet e desenvolve iniciação científica na área de modelagem matemática com aplicação de controle ótimo. Trabalho, também, na área de processos, atuando na modelagem e desenvolvimento dos mesmos.

Roberto Carlos Antunes Thomé, DSc. - Possui graduação com Bacharelado em Matemática pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1998), graduação com Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1999), Mestrado em Matemática pela Universidade Estadual de Campinas (2001) e Doutorado em Matemática Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas (2007). Atualmente é Professor de Matemática do Ensino Superior do CEFET/RJ (Campus Maracanã).

Dayse Haime Pastore, DSc. - Possui graduação em Bacharelado em Matemática pela Universidade Federal do Espírito Santo (1998), mestrado em Matemática pela Associação Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (2001) e doutorado em Matemática pela Associação Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (2005). Atualmente é professor adjunto do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Hyun Mo Yang, DSc. - Possui graduação em Física pela Universidade de São Paulo (1982), mestrado em Física pela Universidade de São Paulo (1985) e doutorado em Física pela Universidade de São Paulo (1990). Atualmente é professor titular da Universidade Estadual de Campinas.

O USO DE POLIQUETAS COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO POR PETRÓLEO NA ENSEADA DE BOTAFOGO, RJ.

Anderson de O. Elias Junior

Marcelo B. Rocha

Adriana Haddad Nudi

RESUMO: Este estudo investigou o uso da espécie de poliqueta *Scolecipis chilensis* como bioindicadora de poluição por HPAs na Enseada de Botafogo, RJ. Essa praia é parte da Baía de Guanabara e está localizada em uma área altamente urbanizada notadamente influenciada por lançamento de efluentes domésticos, atividade portuária, além de mais de 10.000 indústrias, incluindo atividades da indústria petrolífera como refinarias. As razões diagnósticas indicaram predominância de fontes pirolíticas na área de estudo. A concentração dos 16 HPAs principais variou entre 436 ng.g-1 e 28.952 ng.g-1 nos tecidos dos poliquetas e os 38 HPAs analisados variaram entre 1.237 ng.g-1 e 42.530 ng.g-1, embora a concentração dos HPAs no sedimento tenha se situado abaixo do nível provável de efeito a biota. Os *Scolecipis chilensis* acumularam compostos tanto de baixo quanto de alto peso molecular.

Palavras-chave: Poliqueta, HPAs, bioindicadores, Baía de Guanabara, Baía Tropical

ABSTRACT: This study investigated the use of the polychaeta species *Scolecipis chilensis* as a bioindicator of PAH pollution in Enseada de Botafogo, RJ. This beach is part of Guanabara Bay and it is located in a highly urbanized area broadly known for being influenced by domestic sewage, port activity, besides more than 10.000 industries, including oil production activities such as refineries. The source ratio indicated predominance of pyrolytic sources in the study area. The 16 PAH concentration were between 436 ng.g-1 and 28.952 ng.g-1 in polychaetes tissues and all 38 PAH ranged between 1.237 ng.g-1 and 42.530 ng.g-1, although the concentration of PAH in sediment were below the probable effects level. *Scolecipis chilensis* were able to accumulate compounds of both low and high molecular weight.

Keywords: Polychaeta, PAH, bioindicators, Guanabara Bay, Tropical Bay

1. INTRODUÇÃO

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são compostos formados por dois ou mais anéis benzênicos (aromáticos) fundidos. Eles são considerados compostos ubíquos, isto é, são geralmente persistentes no meio ambiente contaminando água, solos, sedimentos, organismos marinhos e alimentos. Existem mais de 100 compostos classificados genericamente como HPAs, sendo que os níveis de toxicidade variam, assim como os efeitos adversos à saúde humana e à biota (ATSDR, 1995).

A ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) e a EPA (*Environmental Protection Agency*), órgãos das áreas de saúde pública e meio ambiente americanos, estabeleceram uma lista, conhecida como *Cercla Priorit List*, de substâncias potencialmente tóxicas aos seres humanos. Nessa lista, que é atualizada bianualmente, os HPAs aparecem na nona posição, sendo que o benzo[a]pireno e o benzo[b]fluoranteno, individualmente, aparecem na oitava e décima posições, respectivamente. Por conta disso, a EPA passou a priorizar 16 HPAs em seus estudos ambientais.

Esses compostos podem ser categorizados em dois grandes grupos, quais sejam: a) baixo peso molecular (*LMW*): compostos com 2 ou 3 anéis benzênicos; b) alto peso molecular (*HMW*): compostos com mais do que 4 anéis benzênicos. Sendo que o primeiro grupo apresenta significativa toxicidade aguda, enquanto o segundo grupo de compostos é notadamente carcinogênico e mutagênico para um grande número de organismos (ATSDR, 1995).

As principais fontes antrópicas do aporte desses contaminantes no ambiente podem ser divididas em: a) fontes pirolíticas: resultantes da combustão incompleta de matéria orgânica; b) fontes petrogênicas: resultantes do aporte direto de petróleo e derivados no ambiente (ALBERS, 2003).

Em relação às suas propriedades físico-químicas, os HPAs, em geral, apresentam baixa solubilidade em água, pontos de fusão e ebulição altos e baixa pressão de vapor. A solubilidade e a pressão de vapor decrescem, enquanto os pontos de fusão e ebulição aumentam conforme a massa molecular dos compostos se torna maior. Por conta disso, os compostos de baixo peso molecular são mais facilmente degradados no meio ambiente, enquanto os compostos de alto peso molecular são, geralmente, mais persistentes (MACKAY, 2006).

Além disso, por possuírem baixa solubilidade em água e grande tendência de se ligarem a matéria orgânica, os sedimentos marinhos são geralmente seu depositário final. Sendo, portanto, registradas altas concentrações de HPAs em estuários ao redor do mundo, especialmente naqueles próximos a cidades urbanizadas e industrializadas, inclusive na área da Baía de Guanabara (MENICONI, 2007).

Nos ambientes estuarinos, as espécies bênticas, que vivem exclusivamente ou tem grande parte do seu ciclo de vida associadas ao sedimento, constituem um importante indicador do tipo, da intensidade e da duração do estresse em ambientes contaminados por serem capazes de integrar cronologicamente os seus efeitos (AMARAL et al., 1998).

Os invertebrados bênticos, entre eles os poliquetas, quando expostos aos HPAs depositados nos sedimentos marinhos e na água intersticial podem acumulá-los e transferí-los ao nível trófico imediatamente superior (MENICONI, 2007).

Em vista disso, diversos estudos, em sua grande maioria bioensaios, avaliaram a possibilidade de uso de algumas espécies de poliquetas como bioindicadoras de poluição por HPAs. O espionídeo *Streblospio benedicti* se mostrou capaz de acumular altos níveis de HPAs em seus tecidos, sem sinais de aumento da mortalidade, tanto em testes de campo como de laboratório. Além disso, essa espécie é frequentemente encontrada como dominante em sedimentos impactados em ambientes de clima temperado (DEAN, 2008).

O poliqueta *Scolecopsis chilensis* (espionídeo) foi reportado como espécie dominante na maioria das praias da entrada da Baía de Guanabara em todas as estações do ano. Nessa região está situada a Enseada de Botafogo, a qual teve dominância acima de 90 % de *Scolecopsis chilensis* tanto na estação seca, quanto na chuvosa (OMENA, 2012).

Em vista disso, este estudo teve o objetivo de avaliar a concentração de HPAs nos tecidos do poliqueta *Scolecopsis chilensis* comparando os valores com aqueles encontrados no sedimento. Foram calculados os fatores de acumulação, dados pela razão entre a concentração de HPAs no sedimento e biota, além das razões diagnósticas das fontes visando a distinção entre pirolíticas e petrogênicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Enseada de Botafogo está localizada na entrada da Baía de Guanabara, o mais proeminente estuário do Brasil, tendo em sua bacia hidrográfica os municípios do Rio de Janeiro, Niterói, São Gonçalo, Duque de Caxias, Niterói e mais 11 cidades menores. Além disso, a região é influenciada por mais de 10.000 indústrias, além de 2 refinarias de petróleo, bases navais, estaleiros e os efluentes domésticos, em sua maioria não tratados, de pelo menos 8 milhões de pessoas (KFJERVE et al, 1997).

Diversos estudos registraram a presença de HPAs em sedimentos de diversas regiões da Baía de Guanabara, tanto por fontes pirolíticas quanto petrogênicas, inclusive na região onde está situada a Enseada de Botafogo (MENICONI, 2007).

Considerando todas as fontes, o aporte anual de hidrocarbonetos na Baía de Guanabara é de cerca de 6.590 toneladas/ano. Sendo que os rejeitos municipais correspondem a maior parcela desse número com 50% do total (3.770 toneladas/ano), seguido pelo escoamento urbano superficial (run-off) com 27% (1.802 toneladas/ano) e as refinarias que correspondem a cerca de 7% (460 toneladas/ano) (FERREIRA, 1995 apud Meniconi, 2007).

O sedimento da região da Enseada de Botafogo varia de areia grossa/média à areia fina/muito fina e o teor de carbono orgânico total varia em torno de 2% (GUIMARÃES, 2007)

2.2 Coleta e procedimentos de laboratório

As amostras de biota e sedimento foram coletadas entre os meses de dezembro de 2012 e fevereiro de 2013 em dois pontos na Enseada de Botafogo, período do ano onde há maior abundância de indivíduos devido as marés e temperatura da água. O ponto 1 foi situado em frente ao prédio da Fundação Getúlio Vargas, próximo às rochas presentes na área, enquanto o Ponto 2 foi situado próximo ao Clube de Regatas do Botafogo. A coleta foi realizada em situação de maré máxima 0.2 com o auxílio de pegador de fundo (*BOXCorer*) e peneiras de malha 0,5 mm.

Após a coleta, os animais foram conservados sob refrigeração a - 4°C e, posteriormente, identificados ao menor nível taxonômico com o auxílio de estereomicroscópio ZEISS Stemi SV 11.

Os poliquetas identificados como *S. chilensis* foram, então, levados ao Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LABMAM), na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, onde sofreram o processo de liofilização, que consiste na sublimação da porção líquida da amostra. Os sedimentos foram levados diretamente ao LABMAM onde ficaram congelados a - 4°C até o início do processo analítico.

Os HPAs foram extraídos da biota através do processo de extração seca em *Soxhlet*. Após a liofilização, as amostras foram maceradas, pesando-se 2 g de cada uma e, finalmente, colocando-as em cartuchos de papel vegetal e inserindo-as no *Soxhlet*, adicionando-se a este 50 µL de padrão sub-rogado da fração 2 (F2) e 200 mL de diclorometano. O sistema foi mantido por 24 horas sobre mantas aquecidas a 35° C em regime de refluxo.

As amostras de biota, ao final da extração, foram transferidas para tubos de 200 mL e submetidas à etapa de concentração até o volume de 1 mL através do aparelho concentrador Turbo Vap II, ajustado a 35 °C e 9 psi. Ao se alcançar 1 mL de amostra concentrada, foi realizada a rinsagem do tubo com 8 mL de diclorometano, por três vezes consecutivas.

Após isso, foram montadas colunas com 20 g de alumina (2% desativada), sendo pipetada a amostra sobre a coluna, foram adicionados 100 mL de diclorometano ao sistema, sendo finalmente aberto o fluxo e recolhendo-se a amostra. Posteriormente, a amostra foi mais uma vez concentrada com o auxílio do Turbo Vap II, seguindo o mesmo processo descrito acima. Então, foi realizada a troca de solventes através da purga de nitrogênio, onde o diclorometano foi substituído por uma solução de acetona/ciclohexano (3/7). Ao final, a amostra foi novamente concentrada a 1 mL em acetona/ciclohexano.

Finalmente, as amostras foram levadas ao procedimento de Cromatografia por Permeação em Gel (Gel Partition Chromatography – GPC), que também tem por objetivo separar os lipídeos encontrados nas amostras de biota dos analitos de interesse. A amostra foi injetada na coluna e foram descartados os primeiros 13 minutos e 30 segundos da corrida cromatográfica, pois até esse momento os compostos de massa maior – entre eles, os lipídeos – são retirados, a partir desse momento, a amostra foi recolhida em balão de 250 mL até os 60 minutos. Esses tempos de corte foram estabelecidos através de testes com padrões de HPAs em solução padrão de calibração para GPC fornecida pela AccuStandard (P/N CLP-027).

Ao final, os balões foram levados para o evaporador rotatório, a fim de concentrar mais uma vez a amostra a cerca de 1 mL. A amostra concentrada foi transferida para um vial de 8 mL e o balão rinsado por 3 vezes com hexano e após cada rinsagem o solvente foi transferido também para o vial.

Após isso, as amostras foram mais uma vez levadas para a purga de nitrogênio, onde foi efetuada a troca de solvente de acetona/ciclohexano para hexano através da concentração das amostras até 1 mL e rinsagem de cerca de 2 mL de hexano por três vezes, até a concentração final da amostra em hexano a 1 mL.

O extrato da amostra foi colocado no topo de uma coluna de vidro preparada com 10 gramas de sílica, desativada em 5% em água deionizada, 7 g de alumina (2% desativada) e 1 g de sulfato de sódio, sendo o vial que continha a amostra rinsado 3 vezes com hexano para evitar a perda dos compostos.

A fração 1, que corresponde aos hidrocarbonetos saturados, foi eluída através da adição de 35 mL do solvente hexano a coluna. O fluxo foi regulado para cerca de 1 gota a cada 4 ou 5 segundos. A fração foi descartada após o fim da eluição.

A fração 2 (F2), que corresponde aos hidrocarbonetos aromáticos, foi eluída com 75 mL do solvente diclorometano:hexano 1/1 e foi coletada em balão de 125 mL. Após isso, foi levada ao Turbo Vap II, a 35 °C a fim de ser concentrada até aproximadamente 1 mL, sendo rinsadas por 3 vezes com cerca de 8 mL de diclorometano para a troca do solvente. E, finalmente, as amostras foram transferidas para vials de 2 mL e se adicionou 25 µL de padrão interno (PI) de F2.

Por seu turno, as amostras de sedimento foram extraídas através do procedimento de extração úmida em *Soxhlet*. Primeiramente, o sedimento foi descongelado até alcançar a temperatura ambiente, após isso, as amostras foram homogeneizadas e 8 g de cada uma delas foram transferidos para béqueres onde se adicionou 5g de sulfato de sódio, misturando-os vigorosamente, com o objetivo de possibilitar a absorção da umidade da amostra.

Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em cartuchos de papel vegetal previamente descontaminados, os quais foram inseridos no *Soxhlet*. Nesse momento, foi adicionado o padrão sub-rogado F2 (50 µL). Após isso, foram adicionados 200 mL de diclorome-

tano em cada um dos *Soxhlet*, os quais foram posicionados sobre mantas aquecidas a cerca de 35° C e foram assim mantidos por 24 horas em regime de refluxo.

As amostras, ao final da extração, foram transferidas para tubos de 200 mL e submetidas a etapa de concentração, até o volume de 1 mL, através do aparelho concentrador Turbo Vap II. Ao se alcançar 1 mL de amostra concentrada foi realizada a rinsagem do tubo com 8 mL de n-hexano, por três vezes consecutivas. As amostras concentradas foram transferidas para vials de 12 mL e armazenadas para posterior fracionamento em coluna fina.

As colunas de vidro, previamente lavadas e descontaminadas, foram preenchidas até 1/3 de seu volume com hexano e foi inserido um pedaço de algodão no fundo da mesma. Após isso, elas foram preparadas com 10 gramas de sílica, desativada em 5% em água deionizada, 7 g de alumina (2% desativada), 1 g de sulfato de sódio e 1 g de cobre ativado (para a retirada do enxofre).

O extrato da amostra foi colocado no topo da coluna e o vial foi rinsado 3 vezes com hexano para evitar a perda dos compostos.

A fração 1, que corresponde aos hidrocarbonetos saturados, foi eluída através da adição de 35 mL do solvente hexano a coluna. O fluxo foi regulado para cerca de 1 gota a cada 4 ou 5 segundos. A fração foi descartada após o fim da eluição. A fração 2, que corresponde aos hidrocarbonetos aromáticos, foi eluída com 75 mL do solvente diclorometano:hexano 1/1 e foi coletada em balão de 125 mL. Após isso, a fração 2 foi levada ao Turbo Vap II, a 35 °C a fim de ser concentrada até aproximadamente 1 mL, sendo rinsadas por 3 vezes com cerca de 8 mL de diclorometano para a troca do solvente. E, finalmente, as amostras foram transferidas para vials de 2 mL e se adicionou 25 µL de padrão interno (PI) de F2.

Então, as amostras tanto de biota quanto de sedimento foram levadas a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa.

A metodologia utilizada para a determinação dos HPAs, por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetria de massas, seguiu, com algumas modificações, o método EPA-8270D. O equipamento foi calibrado utilizando-se nove soluções (2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 400 e 1000 ng.mL⁻¹) contendo os 16 HPAs controlados pelo método (naftaleno, acenafi-

leno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno), 2-metilnaftaleno, 1-metilnaftaleno, dibenzotiofeno, 2,3-dimetilnaftaleno, perileno, benzo(e)pireno e os padrões internos deuterados (naftaleno-D8, acenafteno-D10, fenantreno-D10, criseno-D12 e perileno-D12) em concentração igual a 100 ng.mL⁻¹.

Os HPAs alquilados contemplados pelo método são: 1-metil e 2-metilnaftaleno, C2 a C4-naftalenos, C1 a C3-fluorenos, C1 a C4-fenantrenos, C1 a C3-dibenzotiofenos, C1 e C2-pirenos, C1 e C2-crisenos. Devido à dificuldade de obtenção de padrões de HPAs alquilados, estes foram determinados utilizando-se a curva de calibração do homólogo não alquilado, com a exceção do 1 e 2 metil-naftaleno os quais foram incluídos nas curvas de calibração.

A tabela 1 resume as condições instrumentais utilizadas na determinação de HPAs individuais.

Condições instrumentais para determinação de HPAs individuais	
Equipamento	EM - Finnigan modelo Polaris Q GC - Finnigan modelo TraceGC
Coluna	J&W DB-5msMSD (30m, 0,25mm de DI e 0,25 µm de filme)
Programa de Temperatura	50° C durante 5 min 50° C min ⁻¹ até 80° C 6° C min ⁻¹ de 80° C a 280° C 280° C durante 25 min
Gás de Arraste	hélio 1,2 mL min ⁻¹
Volume de Injeção	2 µL

Tabela 1: Condições instrumentais para determinação de HPAs individuais

O limite de detecção, para cada composto contemplado pelo método, relacionado à massa extraída, variou de 0,02 a 0,09 ng.g⁻¹ de amostra e o de quantificação, 0,26 ng.g⁻¹

2.3 Análise de dados

Foram realizadas comparações entre os pontos de coleta ao longo dos meses com o objetivo de se avaliar as tendências apresentadas durante o período do estudo. Os fatores de acumulação e as razões diagnósticas também foram calculados através do programa Microsoft Excel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, as amostras nomeadas como S1 e S2 correspondem aos sedimentos dos pontos 1 e 2, assim como as amostras B1 e B2 correspondem as amostras de biota coletadas nos pontos 1 e 2 ao longo dos meses.

Os valores dos 16 HPAs prioritários variaram na faixa entre 9,43 ng.g⁻¹ e 504,23 ng.g⁻¹ para os sedimentos dos dois pontos de coleta ao longo dos meses. Em geral, os maiores valores encontrados para o sedimento foram registrados no ponto de coleta 2 (437,44; 83,25; 229,82 ng.g⁻¹). Entretanto, o sedimento do ponto de coleta 1 apresentou uma concentração de 504,23 ng.g⁻¹, bastante discrepante dos outros meses (23,36; 9,43 ng.g⁻¹), cabendo ressaltar que foi também observada na coleta desse mês uma quantidade de animais superior aos meses subsequentes na região.

Para o somatório de todos os HPAs analisados pelo método, as concentrações para sedimento variaram na faixa entre 24,51 e 879,75 ng.g⁻¹. O valor para o mês de dezembro no ponto 1 foi de 710,16 ng.g⁻¹ também discrepante com relação aos valores encontrados nos meses subsequentes (40,69; 24,51 ng.g⁻¹). Os sedimentos do ponto 2 apresentaram as maiores concentrações ao longo do período analisado (879,75; 139,07; 409,71 ng.g⁻¹).

Amostra	16 HPA	S HPA	FA=[biota]/[sed]	
			FA(16HPA)	FA(SHPA)
S1 (28/12/12)	504,23	710,16		
B1 (28/12/12)	1361,77	2242,43	2,70	3,16
S2 (28/12/12)	437,44	879,75		
B2 (28/12/12)	24764,94	30689,13	56,61	34,88
S1 (26/01/13)	23,36	40,69		
B1 (26/01/13)	745,54	2226,35	31,91	54,72
S2 (26/01/13)	83,25	139,07		
B2 (26/01/13)	1699,89	4726,85	20,42	33,99
S1 (26/02/13)	9,43	24,51		
B1 (26/02/13)	436,50	1237,53	46,27	50,48
S2 (26/02/13)	229,82	409,71		
B2 (26/02/13)	28952,11	42530,05	125,98	103,81

Tabela 2: HPAs no sedimento e biota (ng.g⁻¹) e Fator de Acumulação

Os dados relativos aos 16 HPAs prioritários na biota do ponto 1, situaram-se na faixa entre 436,50 e 28952,11 ng.g⁻¹, enquanto para o somatório de todos os HPAs analisados pelo método estiveram na faixa entre 1237,53 e 42530,05 ng.g⁻¹. Os valores registrados na biota do ponto 2 para os 16 HPAs (24764,94; 1699,89; 28952,11 ng.g⁻¹) foram maiores que no ponto 1 (1361,77; 745,54; 436,50 ng.g⁻¹). Os valores

para o somatório dos HPAs seguirem a mesma tendência, sendo os valores para o ponto 2 (30689,13; 4726,85; 42530,05 ng.g-1) e para o ponto 1 (2242,43; 2226,35; 1237,53 ng.g 1).

O fator de acumulação, dado pela razão entre a concentração dos HPAs na biota e no sedimento, foi calculado ao longo dos meses. Este indicador pode ser entendido como um demonstrativo do quão superior foi a concentração encontrada na biota quando comparada com a concentração encontrada no sedimento nos pontos analisados ao longo do período de estudo.

No mês de dezembro, o fator de acumulação para os 16 HPAs prioritários foi de 2,70 e para o somatório dos HPAs de 3,16 no ponto 1 no mês de dezembro e no ponto 2 no mesmo mês o valor foi de 56,61 para os 16 HPAs e

34,88 para o somatório dos HPAs. No mês de janeiro, o fator de acumulação para os 16 HPAs principais no ponto 1 foi de 31,91 e no ponto 2 de 20,42. Enquanto, o valor do fator de acumulação para o somatório dos HPAs foi de 54,72 no ponto 1 e 33,99 no ponto 2. Já no mês de fevereiro, o fator de acumulação para os 16 HPAs principais no ponto 1 foi de 46,27 e no ponto 2 de 125,98. Por sua vez, o fator de acumulação para o somatório dos HPAs foi de 50,48 para o ponto 1 e de 103,81 para o ponto 2.

As razões diagnósticas também foram calculadas para os dois pontos de coleta, tanto para o sedimento quanto para a biota, ao longo dos meses. Foram utilizadas 4 razões diagnósticas, havendo uma predominância de dados indicando que a principal fonte de HPAs, tanto aqueles presentes no sedimento quanto aqueles encontrados na biota, foi pirolítica (Tab. 3).

Amostra	Fer/Ant	Bz(a)antraceno/Criseno	C1Fenantreno/Fenantreno	Σ outros 3-6 anéis / Σ Alqui.
S1 (28/12/12)	5,66	1,39	0,62	2,54
B1 (28/12/12)	3,53	1,35	0,70	1,21
S2 (28/12/12)	2,94	1,42	1,21	1,08
B2 (28/12/12)	4,80	1,00	0,20	2,86
S1 (26/01/13)		0,83	1,53	1,64
B1 (26/01/13)	1,77	1,05	1,46	0,26
S2 (26/01/13)	5,41	1,18	1,54	1,80
B2 (26/01/13)	5,05	1,01	1,59	0,23
S1 (26/02/13)		0,58	1,23	0,78
B1 (26/02/13)	5,18	0,82	1,10	0,46
S2 (26/02/13)	4,39	1,27	1,20	1,46
B2 (26/02/13)	3,38	1,06	0,58	1,80

Legenda:

Não definido				
Petrogênica	>15 \rightarrow petro.	<0,4 \rightarrow petro.	>2 \rightarrow petro.	<0,05 \rightarrow petro.
Pirolítica	<10 \rightarrow pirol.	>0,9 \rightarrow pirol.	<2 \rightarrow pirol.	>0,8 \rightarrow pirol.
Fonte:	Soclo (1986), Gschwend and Hites (1981)	Gschwend and Hites (1981)	Budzinski et al. (1995), Prah and Carpenter 1983	Wang et al (1999)

Tabela 3: Razões diagnósticas sedimento e biota

As concentrações de HPAs nos sedimentos da Baía de Guanabara variam de forma relevante ao longo de sua extensão. A tabela 4 mostra uma comparação dos valores encontrados neste estudo com outros estudos similares realizados na Baía, e demonstra que a Enseada de Botafogo, apesar de cronicamente impactada pelo aporte de HPAs, apresenta concentrações de HPAs nos seus sedimentos ainda abaixo do nível provável de efeito a biota, que, segundo o NOAA (The National Oceanic and Atmospheric Administration), é de 16770 ng.g-1.

As concentrações de HPAs no sedimento da Baía de Guanabara em regiões mais interiores e abrigadas, sofrem a influência da granulometria fina (silte + argila), esse tipo de

granulometria propicia uma maior acumulação de HPAs no sedimento. Por sua vez, a Enseada de Botafogo está situada na região de entrada da Baía de Guanabara, onde a ação do hidrodinamismo é mais intensa ocasionando uma seleção dos sedimentos com perfil mais arenoso (GUILMARÃES, 2007).

Além disso, os pontos de coleta situados na zona entremarés contribuem para que o perfil arenoso seja predominante nas amostras. Ainda assim, os valores encontrados para as concentrações de HPAs nos sedimentos da Enseada de Botafogo foram maiores que em outras regiões do Brasil, como por exemplo na Baía de Paranaguá (7,56 – 168,58 ng.g-1) (IGNÁCIO, 2007).

Número de HPAs determinados	Faixa de concentração ng.g ⁻¹	Referências
17	554-1894	Baía de Guanabara (1996), in: Hamacher, 1996
23	1564-18438	Baía de Guanabara (1996), in: Lima, 1996
16 38	207-13425 559-58439	Baía de Guanabara (2000), in: Meniconi, 2007
16 38	184-3653 400-52384	Baía de Guanabara (2003), in: Meniconi, 2007
16 38	9-504 24-879	Baía de Guanabara, Enseada de Botafogo, 2013. Este estudo

Tabela 4: Comparação entre as concentrações de HPAs para sedimentos da Baía de Guanabara disponíveis na literatura.

Por seu turno, os poliquetas apresentaram concentrações sempre maiores que aquelas encontradas no sedimento, demonstrando que os seus tecidos são capazes de integrar cronicamente os efeitos da poluição em seu ambiente, absorvendo HPAs sem sinal de aumento da mortalidade.

A tabela 5 faz uma comparação entre as concentrações encontradas nos tecidos dos poliquetas com valores encontrados na literatura para mexilhões e ostras, que juntamente com peixes e crustáceos, são os animais mais utilizados para biomonitoramento na região da Baía de Guanabara.

Local de Coleta	Organismo	HPAs	Concentrações (ng.g ⁻¹ peso seco)	Referências
Baía de Guanabara/RJ	Perna perna (mexilhão)	38	166,3 - 1409,9	(VIEIRA, 2012)
Baía de Guanabara/RJ	Perna perna (mexilhão)	35	532 -> 6000	(FRANCIONI et al, 2005)
Baía de Guanabara/RJ	Perna perna (mexilhão)	35	60 - 6271	(FRANCIONI et al., 2007)
Baía de Guanabara/RJ	Ostra (não especificada)	23	15,9 - 78,8	(IGNÁCIO, 2007)
Baía de Guanabara/RJ	Scoleclepis Chilensis (poliqueta)	38	436,50 - 28952,11	Este estudo

Tabela 5: Comparação entre as concentrações encontradas em tecidos de poliquetas com outros animais.

Corroborando esses dados, os fatores de acumulação dos poliquetas tiveram seus pontos mínimo e máximo em (2,70 e 125,98), sendo que a maior parte dos valores esteve situada na faixa entre 20 e 55. Esse número pode ser entendido como um indicativo de quantas vezes foi maior a concentração registrada nos tecidos do poliqueta quando comparada com a

concentração no sedimento onde ele foi coletado. Esses valores são bastante superiores aos valores registrados para outros estudos (IGNÁCIO, 2007; VIEIRA, 2012).

O fato dos poliquetas terem seu ciclo de vida associado ao sedimento, que, por sua vez, é o principal destino dos HPAs, pode ajudar a explicar a razão das concentrações em seus tecidos serem tão superiores aos mexilhões e ostras, que absorvem HPAs sobretudo da coluna d'água (IGNÁCIO, 2007).

Além disso, cabe salientar que animais de níveis tróficos superiores, como crustáceos e peixes, possuem um sistema para a metabolização de HPAs mais desenvolvido que poliquetas, sendo o monitoramento da contaminação desses animais pelos HPAs realizado geralmente através de metabólitos, enquanto os poliquetas são capazes de acumular os próprios compostos em seus tecidos (ALBERS, 2003).

Embora todas as razões diagnósticas tenham apontado uma predominância de fontes pirolíticas nas amostras, os poliquetas se mostraram capazes de acumular em seus tecidos tanto compostos de baixo peso molecular quanto compostos de alto peso molecular. Esse fato indica sua capacidade de absorção tanto de compostos de fontes pirolíticas quanto petrogênicas.

Em síntese, os poliquetas apresentaram tolerância bastante elevada aos HPAs presentes em seu ambiente. Essa tolerância ajuda a entender por que eles são os animais dominantes na macrofauna bentônica da Baía de Guanabara (OMENA, 2012). Além disso, sua estreita relação com o sedimento faz com que sua principal estratégia de sobrevivência seja a adaptação às mudanças ocorridas em seu habitat, servindo, portanto como indicativo da qualidade ambiental por integrar cronologicamente os efeitos das mudanças ocorridas em seu ambiente. Esses três fatores apontam a possibilidade de seu uso como bioindicador de poluição para praias da Baía de Guanabara.

4. CONCLUSÃO

Os dados evidenciaram que há significativa diferença entre os dois pontos estudados. O ponto de coleta 1 apresentou em todas as amostras analisadas menor grau de contaminação tanto do sedimento quanto da biota quando comparado com o ponto de coleta 2. Entre os fatores que podem ser responsáveis por essa diferença entre os ambientes, estão: a) a presença

de atividades de navegação próximas ao ponto de coleta 2; b) a presença de uma zona de mistura com efluentes domésticos próximo ao ponto de coleta 2; c) maior presença de matéria orgânica no ponto 2.

Além dessa diferença espacial, os resultados também indicaram uma diferença temporal para as amostras, especialmente quando se analisa o fator de acumulação, percebe-se que no ponto de coleta 1 ele segue uma tendência crescente, enquanto no ponto de coleta 2 há uma redução perceptível nesse fator entre a primeira e a segunda amostragem e um grande aumento desse fator entre a segunda e a terceira.

Uma análise mais aprofundada dessas tendências pode indicar quais fatores contribuíram para essas mudanças, entre eles, podem estar: a) variações na granulometria dos sedimentos; e b) variações nos teores de matéria orgânica.

Além disso, os fatores de acumulação bastante elevados corroboram a ideia de que os poliquetas são capazes de acumular concentrações de HPAs muitas vezes maiores em seus tecidos que aquelas encontradas em sedimentos. Assim como, sua capacidade de acumulação desses compostos demonstra ser maior que de outras espécies normalmente utilizadas para avaliar o grau de contaminação dos ambientes marinhos.

Embora a bibliografia sobre estudos de avaliação ambiental com poliquetas para a Baía de Guanabara seja pequena e possua uma abordagem voltada para a avaliação das comunidades, a dominância desses animais na macrofauna bentônica da região e os bons resultados apresentados neste estudo para a avaliação de poluentes em seus tecidos abrem espaço para que futuros esforços na realização de trabalhos semelhantes sejam realizados em outras praias da região.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao apoio a esta pesquisa por parte do CNPq.

Estendemos nossos agradecimentos ao Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LABMAM) da PUC/RJ e a todos os seus colaboradores.

Referências bibliográficas

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)**. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA, 1995.
- ALBERS, P. H. Chapter 14: Petroleum and Individual Aromatic Hydrocarbons. In: HOFFMAN, D. J. et al. (eds.). **Handbook of Ecotoxicology**, Second Edition, CRC Press, 2003.
- AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H.; SALVADOR, L. B. Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, n. 2, p. 307-316, 1998.
- BUDZINSKI, H.; GARRIGUES, P.; CONNAN, J.; DEVILLERS, J.; DOMINE, D.; RADKE, M.; OUDIN, J.L. Alkylated phenanthrene distributions as maturity and origin indicators in crude oils and rock extracts. **Geochim. Cosm. Acta**, v.59, p. 2043-2056,1995.
- DEAN, H. K. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. **Revista de Biologia Tropical**, v. 56, n. 4, p. 11-38, 2008.
- FRANCIONI, E. et al. Biomonitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Perna perna from Guanabara Bay, Brazil. **Environmental Forensics**, n. 6, p. 10-20, 2005.
- FRANCIONI, E. et al. Evaluation of the mussel Perna perna as a biomonitor of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and effects. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, p. 329-338, 2007b.
- GSCHWEND, P.M.; HITES, R.A. Fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons to marine and lacustrine sediments in the northeastern United States. **Geochim. Cos. Acta**, v.45, p.2359-2367,1981.
- GUIMARÃES, M. S. D et al. Caracterização Textural dos Sedimentos Superficiais de Fundo e Dinâmica Sedimentar na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, **Revista Tamoios**, Ano 3, n. 2, p. 2-34, 2007.
- HAMACHER, C. **Determinação de hidrocarbonetos em amostras de água e sedimento da Baía de Guanabara**. Dissertação de Mestrado, PUC, Rio de Janeiro, 147 p., 1996.
- IGNÁCIO, G. M.; **Avaliação da contaminação por Hidrocarbonetos em água, sedimento e ostras do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (Paraná – Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, 70 p., 2007.
- KJERFVE, B.; RIBEIRO, C.H.A.; DIAS, G.T.M.; FILIPPO, A.M.; QUARESMA, V.S. Oceanographic characteristic of an impact bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 17, n. 13, p.1609 -1643, 1997.
- MACKAY, D. et al. Volume 1 – Introduction and Hydrocarbons. In: **Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals**, Second Edition, CRC Press, 2006.

MENICONI, M.F.G. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos no Meio Ambiente: Diferenciação de Fontes em Sedimentos e Metabólitos em Bile de Peixes. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 192p., 2007.

OMENA, E. P. et al. Spatial distribution of intertidal sandy beach polychaeta along an estuarine and morphodynamic gradient in an eutrophic tropical bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 9, p. 1861-1873, 2012.

RAHL, F.G.; CARPENTER, R. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) phase associations in Washington coastal sediment. **Geochim. Cosm. Acta**, v.47, p.1013-1023,1983.

SOCLO, H. **Étude de la distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments marins récents, identification des sources**. Bordeaux. (Tese_ Doutorado). Bordeaux_I_ Univ., Talence, France, 1986.

VIEIRA, R. Y.; Avaliação regional da contaminação por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) na região costeira do sudeste do Brasil usando mexilhões (*Perna perna*, Linneaus, 1758) como biomonitores. **Dissertação de Mestrado**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 96 p., 2012.

WANG, Z.; FINGAS, M.; PAGE, D.S. Oil Spill Identification. **Journal of Chromatography**, v. 843, p. 369-411, 1999.

Dados dos autores

Anderson de Oliveira Elias Junior, Gestor Ambiental – CEFET/RJ, Av. Maracanã, 229, (21) 98258-3989, andersonoerj2@hotmail.com

Marcelo Borges Rocha, D. Sc. - professor permanente do CEFET/RJ, Av. Maracanã, 229, (21) 25694495, rochamarcelo36@yahoo.com.br

Adriana Haddad Nudi, D. Sc. - professora da Pontifícia Universidade Católica, Departamento de Química. Rua Marquês de São Vicente, 225 Sala 676 Gávea - Rio de Janeiro, (21) 35271330, ahn@puc-rio.br

MODELAGEM EM ELEMENTOS FINITOS DE COLUNAS DE AÇO ESBELTAS ESTAIADAS E PROTENDIDAS

Samuel R. de Almeida

Ricardo R. de Araujo

Pedro C. G. da S. Vellasco

Luciano R. O. de Lima

Sebastião A. L. de Andrade

RESUMO: Colunas de aço esbeltas estaiadas e protendidas representam uma eficiente solução para diversas aplicações na engenharia. Um caso particular desse sistema estrutural é composto por uma coluna central esbelta, quatro barras posicionadas perpendicularmente em relação ao eixo principal da coluna e quatro barras de aço (ou cabos de aço). Esse modelo foi inicialmente estudado experimentalmente por meio de colunas em testes em escala real com 12 metros de altura para a coluna principal e uma configuração das barras centrais em formato cruz. Este trabalho apresenta uma análise paramétrica baseada em uma simulação numérica em elementos finitos utilizando o programa Ansys MEF. A análise esteve centrada em variáveis como a forma e amplitude das imperfeições iniciais, o diâmetro da coluna principal e das barras de centrais de travamento, a espessura do tubo principal, e, diâmetro e quantidade de estais.

Palavras-chave: colunas de aço esbeltas estaiadas e protendidas, método dos elementos finitos, imperfeição geométrica inicial, dupla curvatura.

ABSTRACT: Slender prestressed stayed steel columns are efficient solutions for a vast series of applications in engineering. A particular case of these structural systems is composed by a slender central column, four cross bars perpendicularly positioned in relation to the central column main axis and four steel bars (or steel cables). This structural model was initially investigated experimentally by prestressed stayed steel columns full-scale tests performed in 12 meters height column with a cross bar configuration. This paper presents a parametric analysis based on numerical finite element simulations using the Ansys FEM Program. The parametric analysis was centred on variables like the shape and amplitude of the initial imperfections, the main column and cross bars diameters, main column thickness and number of stays.

Keywords: prestressed stayed steel columns, finite element method, initial geometric imperfection, double curvature.

1 INTRODUÇÃO

Construções com vãos cada vez maiores e com cronogramas de execução cada vez menores representam todos os dias um desafio a ser vencido por engenheiros do mundo inteiro. Situação semelhante pode ser vista na construção do palco principal do Rock in Rio III [ANDRADE et al, 2003], onde, por não se dispor de espaço físico para a utilização dos usuais andaimes, a utilização de colunas esbeltas estaiadas e protendidas se mostrou como a solução ideal para a situação construtiva.

Para otimizar sua capacidade portante são colocados nessas colunas barras e estais que, com a diminuição do comprimento de flambagem em pelo menos 50%, também transferem suas cargas ao tubo principal, aumentando significativamente sua carga de flambagem.

Motivado pelos estudos realizados por Araujo [ARAUJO, 2005; ARAUJO, 2009] este trabalho apresenta os resultados das análises numéricas realizadas para um modelo de colunas esbeltas estaiadas e protendidas com um tubo principal de 12 m de altura, com aproximadamente 90 mm de diâmetro externo, travada em seu ponto central por 4 barras perpendiculares ao tubo principal e estabilizadas por 4 estais. Todos os modelos estudados apresentam dupla curvatura com imperfeições iniciais variando de 4 mm a 40 mm, com aplicação de diversos níveis de protensão que totalizaram em 56 sistemas estruturais estudados, agrupados em dois grupos segundo a configuração de seus braços e estais.

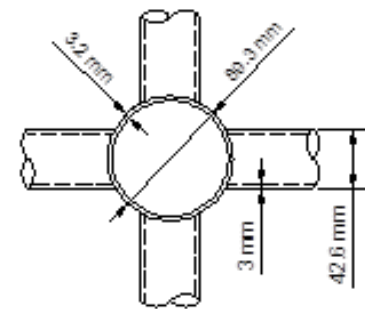
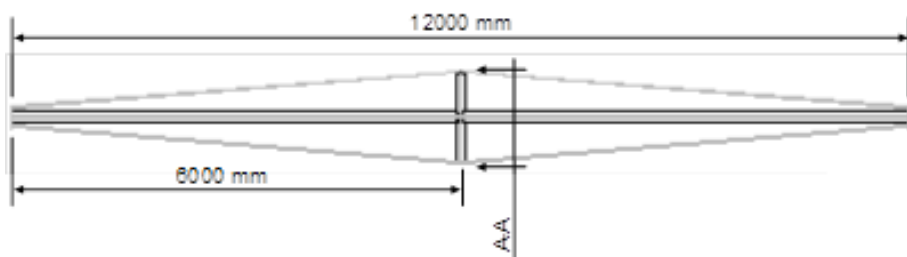


Figura 1: Dimensões da coluna [ARAUJO, 2005; ARAUJO, 2009]

Com a utilização do programa ANSYS para as modelagens foi utilizado o elemento PIPE 20, pois possui características para representar um elemento tubular uniaxial com esforços de tração, compressão, flexão e torção, seis graus de liberdade em cada nó e o efeito de pressão interna [ALMEIDA et al, 2011, ANSYS],

2 MODELAGEM NUMÉRICA

A primeira etapa da modelagem numérica do problema proposto tem como base as recomendações de Araujo [ARAUJO, 2005; ARAUJO, 2009], onde o primeiro objetivo foi a parametrização do modelo estudado pelo referido autor.

O modelo computacional utilizado caracterizou de uma coluna constituída por um tubo principal vazado com 12 m de altura, 89,3 mm de diâmetro externo e 3,2 mm de espessura. Para a formação de um sistema de restrição dos deslocamentos, no centro do tubo principal foram projetados 4 tubos perpendiculares (denominados como braços neste trabalho) com comprimento de 60 cm, com o intuito de se conseguir uma inclinação de 10% nos estais a serem utilizados no conjunto estrutural. Esses braços são formados por tubos vazados de 42,6 mm de diâmetro externo com 3 mm de espessura e os estais foram simulados como cabos de aço com 6,35 mm de diâmetro. A geometria senoidal da coluna é gerada a partir de imperfeições iniciais máximas localizadas a $\frac{1}{4}$ e a $\frac{3}{4}$ do comprimento da coluna, obtendo-se uma coluna com a configuração do segundo modo de flambagem. Foi considerado como módulo de elasticidade 200 GPa [ABNT, NBR 8800, 2008] para a coluna principal, 100 GPa para os cabos e coeficiente de Poisson de 0,3 [ARAUJO, 2005]. A Figura 1 ilustra as características geométricas gerais da estrutura.

que será utilizado em estudos futuros, conforme Figura 2. Já os estais são simulados com o elemento LINK 10 pois representa um elemento tri-dimensional com três graus de liberdade em cada nó [ALMEIDA et al, 2011], ideal para a representação de cabos como o utilizado neste estudo, conforme Figura 3.

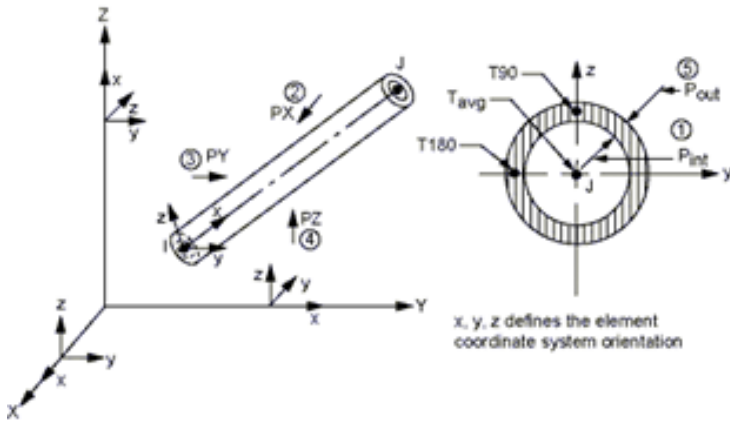


Figura 2: Representação esquemática do elemento PIPE 20 [ANSYS]

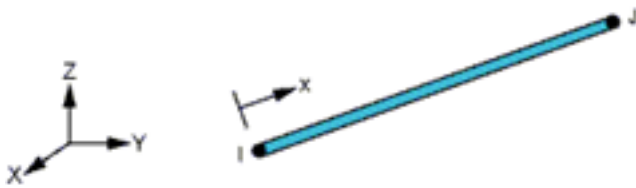


Figura 3: Representação esquemática do elemento LINK 10 [ANSYS]

Para se descrever o comportamento senoidal do tubo principal recorreu-se inicialmente a equação desenvolvida por Saito [SAITO, 2007; SAITO, 2009 a; SAITO, 2009 b] para a descrição dos modos de flambagem em colunas esbeltas, conforme equação (1).

$$W2\delta(y) = \delta L \text{sen}(2\pi y/L) \quad (1)$$

Onde:

$W2\delta(y)$: deslocamento em função da posição y do nó;

δ : deslocamento máximo desejado;

L : comprimento da coluna;

y : coordenada relacionada à altura,

Como essa equação descreve apenas modelos com dupla curvatura de imperfeição relacionada à altura, foi necessária a ampliação dessa equação para que com ela pudessem ser gerados modelos com diferentes imperfeições iniciais máximas em qualquer ponto da estrutura e ampliada a capacidade de geração de modelos com grande quantidade de curvaturas de imperfeição inicial [ALMEIDA et al, 2011], sendo assim passou-se a se utilizar a equação (2).

$$X(y) = (\delta \text{sen}(n\pi y/L)) \quad (2)$$

Onde:

$X(y)$: deslocamento em função da posição y ;

δ : imperfeição inicial;

sen : função senoidal;

n : número de imperfeições, $n: 1, 2, 3 \dots$;

Y : comprimento do elemento;

L : altura da coluna.

A coluna desenvolvida nos estudos de Araujo [ARAUJO, 2005;] foi modelada aplicando-se um deslocamento de 8 mm a $1/2$ da altura da coluna, com isso obteve-se a localização de cada nó da estrutura, e remodelando a coluna com seus novos pontos.

Sendo assim, foi modelada uma coluna com as mesmas características daquela estudada por Araujo, contudo, utilizando-se a função senoidal criada a fim de comparar os resultados e validar o estudo proposto. A tabela 1 apresenta a localização dos nós de uma coluna modelada a partir da função senoidal criada com duas imperfeições geométricas iniciais máximas de 4 mm localizadas a $1/4$ e a $3/4$ da altura do tubo principal da coluna Almeida [ALMEIDA et al, 2011]. A tabela 2 apresenta os resultados de carga obtidos por Araujo [ARAUJO, 2009] e Almeida [ALMEIDA et al, 2011].

Nós - gerados por função senoidal			
NÓ	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	20,000	1000	0,000
3	34,641	2000	0,000
4	40,000	3000	0,000
5	34,641	4000	0,000
6	20,000	5000	0,000
7	0,000	6000	0,000
8	-20,000	7000	0,000
9	-34,641	8000	0,000
10	-40,000	9000	0,000
11	-34,641	10000	0,000
12	-20,000	11000	0,000
13	0,0000	12000	0,000

Tabela 1: Localização dos nós gerados a partir de função senoidal (dados em mm)

A equação criada também pode gerar deslocamentos na direção do eixo Z com quantidade de imperfeições diferentes das imperfeições geradas no eixo X.

As figuras 4 (a) e (b) apresentam, respectivamente, uma coluna modelada com a localização dos nós após a aplicação do deslocamento de 4 mm, e, uma coluna modelada com a função senoidal criada, com imperfeição inicial geométrica máxima de 4 mm.

Para a modelagem dos braços e estais, faz-se necessária a modificação do Working Plane do ANSYS e de seu sistema de coordenadas, além de referenciá-lo exatamente em relação ao nó central da coluna. Para isso muda-se a localização do Working Plane para o nó central da estrutura, através do comando: NWPAVE; rotaciona-se o Working Plane em relação ao eixo "Y" em 270°, para que a geração dos nós ocorra no sentido anti-horário (obedecendo ao sentido positivo do círculo trigonométrico), através do comando: WPROTA; e, por fim, cria-se um sistema de coordenadas para o novo Working Plane através do comando CSWPLA.

Após a preparação do sistema de coordenadas, a geração dos nós exige a combinação de comandos de rotina de programação da linguagem FORTRAN ao APDL da estrutura. A rotina criada utiliza comandos *DO e *IF da linguagem FORTRAN para que seja possível a criação de grande número de nós e elementos automaticamente com poucas linhas de programação, o que não acontece quando se cria cada nó ou elemento manualmente.

Após a criação dos nós dos braços, faz-se necessário retornar o Working Plane para o

ponto de coordenada Y = 0 (nó N1) e rotacionar, novamente, o sistema de coordenadas em (-) 270°, para a etapa de geração dos elementos da estrutura.

A generalização do modelo somente é possível a partir de sua parametrização para as funções e rotinas do APDL. Sendo assim, torna-se possível criar novos modelos com propriedades totalmente diferentes modificando apenas algumas variáveis de parametrização. A geração de braços e estais do modelo inicial é apresentada na figura 4 (c) e (d).

Os resultados apresentados na tabela 2 comprovam a eficácia do modelo criado. A partir desses resultados foram encetados estudos com modelos com dupla curvatura, onde se procurou variar a amplitude máxima da imperfeição inicial com a aplicação dos níveis de protensão sugeridos no trabalho de Araujo. O valor do erro foi obtido dividindo-se o módulo da diferença entre os valores de carga crítica encontrados nas colunas 4 e 5 da tabela 2, e, dividindo-se o resultado pelos dados da coluna 4 da mesma tabela.

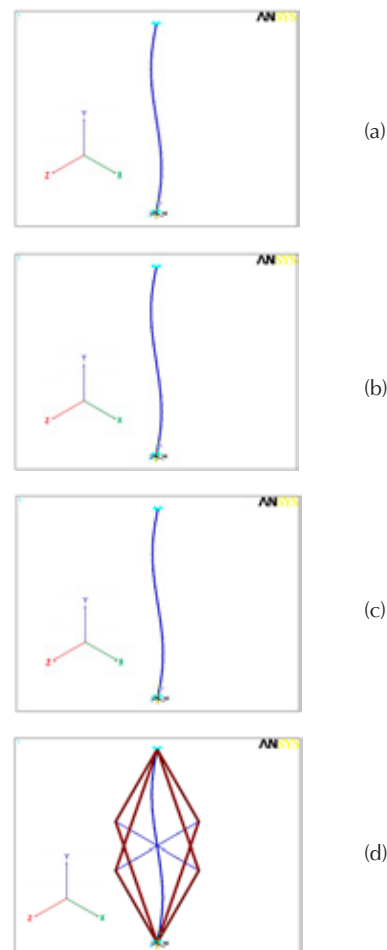


Figura 4: (a) coluna modelada a partir de deslocamento; (b) coluna modelada através de função senoidal; (c) coluna com 4 braços; (d) coluna com 4 braços e 4 estais [ALMEIDA et al, 2011]

Imperfeição Inicial	(Prot 0 / Pcr sc)%	Protensão Inicial (kN)	Pcr (kN) ARAUJO 2009	Pcr (kN) ALMEIDA 2012	Erro %
8 (mm) - 1 curvatura	-	sem cabos	11,28	11,28	0,00
	-	0,00	21,07	21,07	0,00
	0,18	0,02	21,13	20,63	2,37
	1,42	0,16	21,49	21,18	1,43
	1,92	1,57	28,69	29,95	4,41
	2,83	2,35	30,92	30,30	2,01
	2,84	3,14	30,66	30,41	0,82

Tabela 2: Comparação de dados entre os modelos de Almeida e Araujo, numa coluna com uma imperfeição global

3 ANÁLISE NUMÉRICA

Na etapa de análise numérica as colunas com dupla curvatura podem ser agrupadas em dois sistemas estruturais classificados quanto ao arranjo de seus braços. Em cada grupo de colunas, é analisado o comportamento estrutural de colunas sem estais e com estais submetidos a forças iniciais de protensão em mais 6 níveis, conforme sugerido no trabalho de Araujo [ARAUJO, 2009] como sendo os níveis de protensão mais indicados para o sistema com uma imperfeição inicial global em toda a coluna. Sendo todos esses níveis de protensão aplicados para os 4 níveis de imperfeição inicial, para o “Sistema cruz” e o “Sistema X”, totalizam-se 56 estruturas estudadas.

O comportamento (carga x deslocamento) foi analisado em três pontos estratégicos da estrutura, a saber, o ponto central e os dois pontos de amplitude máxima de imperfeição inicial, localizados respectivamente a $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ e a $\frac{3}{4}$ do tubo principal. As imperfeições iniciais aplicadas foram:

- 8 mm: imperfeição máxima observada no modelo experimental de Araujo [ARAUJO, 2009] em uma configuração global e aplicada neste trabalho em uma configuração com dupla curvatura;
- 4 mm: distribuição da imperfeição de 8 mm em uma configuração no segundo modo de flambagem;
- L/500: limite sugerido pela Norma Brasileira [ABNT, NBR 8800, 2008], onde L=12 m (comprimento da coluna), resultando em uma imperfeição de 24 mm;
- L/300: limite sugerido pelo Eurocode [EUROCODE 3. EN 1993, 2005], L=12 m (comprimento da coluna), resultando em uma imperfeição de 40 mm.

3.1 Sistema cruz (+)

O primeiro grupo de colunas é denominado como “Sistema cruz”. Nesse tipo de configuração a coluna possui suas imperfeições iniciais na mesma direção dos braços. Neste grupo são estudados 28 sistemas estruturais e a figura 5 apresenta a configuração típica das estruturas deste primeiro grupo.

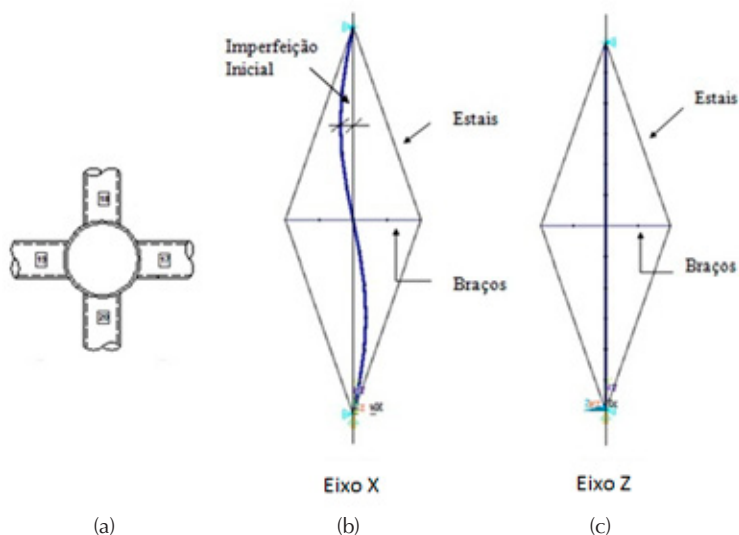


Figura 5: a) Esquema do “sistema +”; b) Configuração típica com imperfeição de dupla curvatura na direção X; c) Esquema da coluna na direção Z

Com a análise do “Sistema cruz” constata-se que 58% das colunas estudadas no sistema estrutural em cruz, conforme a Tabela 3, flambam numa direção diferente da direção das imperfeições iniciais, fato que justifica a análise do comportamento dessas colunas em um sistema onde as imperfeições não estão na mesma direção dos braços e estais, denominado neste trabalho como “Sistema X”.

3.2 Sistema X

O segundo grupo de colunas é denominado como “Sistema X”. Nesse tipo de configuração a coluna possui suas imperfeições iniciais numa direção defasada em 45° da direção de seus braços. Neste grupo são estudados mais 28 sistemas estruturais e a figura 6 apresenta a configuração típica das estruturas deste segundo grupo.

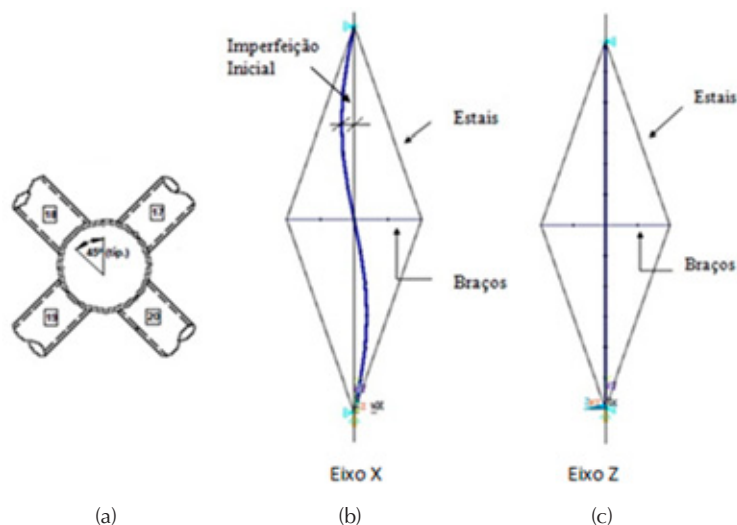


Figura 6: a) Esquema do “sistema_X”; b) Configuração típica com imperfeição de dupla curvatura na direção X; c) Esquema da coluna na direção Z

4 RESULTADOS

Com a obtenção das cargas críticas e deslocamentos máximos são apresentados e comparados os resultados para os dois sistemas estudados, conforme a Tabela 3.

Imp. Inicial	Sistema Cruz				Sistema X			
	Fprot (kN)	Pcr (kN)	Modo de Flambagem	Direção da Flambagem	Fprot (kN)	Pcr (kN)	Modo de Flambagem	Direção da Flambagem
4 mm	-	44,69	2	X	-	44,69	2	X
	0,00	29,47	1	Z	0,00	28,45	1	Z
	0,02	28,40	1	X & Z	0,02	28,73	1	Z
	0,16	28,19	1	X & Z	0,15	28,87	1	Z
	1,58	48,54	1	Z	1,58	43,54	1	X & Z
	2,35	46,16	1	X & Z	2,35	40,83	1	Z
	3,14	43,17	1	Z	3,13	41,30	1	Z
8 mm	-	43,43	2	X	-	43,43	2	X
	0,00	29,83	1	X & Z	0,00	30,01	1	X
	0,02	27,24	1	Z	0,02	28,27	1	Z
	0,16	27,08	1	X & Z	0,16	28,78	1	Z
	1,59	45,68	1	X	1,46	45,62	1	X & Z
	2,37	43,18	1	X	2,36	43,73	1	X & Z
	3,16	42,56	1	X & Z	3,14	42,92	1	X & Z
24 mm	-	39,43	2	X	-	39,43	2	X
	0,00	25,09	1	X & Z	0,00	22,79	1	X
	0,02	22,95	1	X & Z	0,02	25,04	1	X
	0,16	22,95	1	X & Z	0,16	25,66	1	X
	1,61	37,01	1	X	1,60	39,47	1	X & Z
	2,40	39,97	1	X	2,37	41,62	1	X & Z
	2,88	40,51	1	X	2,85	41,78	1	X & Z
40 mm	-	36,33	2	X	-	36,33	2	X
	0,00	22,23	1	X & Z	0,00	26,31	1	X
	0,02	24,80	1	X & Z	0,02	29,33	1	X
	0,16	23,12	1	X & Z	0,16	29,52	1	X
	1,62	30,67	1	X	1,60	31,39	1	X
	2,41	32,96	1	X	2,37	35,26	1	X & Z
	3,21	35,46	1	X	2,53	36,58	1	X & Z

Tabela 3: Comparação de Resultados entre os Sistemas “cruz” e “X” com dupla curvatura

A tabela 4 apresenta o aumento percentual na carga crítica para cada uma das imperfeições iniciais em relação à carga crítica para colunas com Força de Protensão nula.

Imperfeição Inicial (mm)	Carga crítica - dupla curvatura				Aumento % de capacidade	
	P (kN) para Fprot = 0.00	P (kN) Sistema "Cruz"	P (kN) para Fprot = 0.00	P (kN) Sistema "X"	Sistema Cruz	Sistema X
4	29,47	48,54	28,45	43,54	64,65	53,04
8	29,83	45,68	30,01	45,62	53,13	52,02
24	25,10	40,51	22,79	41,78	61,39	83,33
40	22,23	35,46	26,31	36,58	59,51	39,03

Tabela 4: Ganho % em relação a carga crítica da coluna com força de protensão nula

A coluna 2 da tabela 4 refere-se à carga crítica encontrada para o caso das colunas com os cabos apenas esticados, ou seja, onde o valor da força da protensão (Fprot) aplicada nos cabos foi nula. O "aumento % de capacidade" da tabela 4 foi calculado comparando-se os valores encontrados para a carga crítica em cada sistema ("+" e "X") em sua melhor protensão com a carga da coluna com a mesma imperfeição inicial, porém com força de protensão nula nos estais.

A tabela 5 e a tabela 6 apresentam, respectivamente, o aumento percentual na carga crítica para uma imperfeição inicial de 4 mm e 8 mm, em relação a carga obtida nos estudos de Araujo para cada nível de protensão aplicada.

Pcr (kN) ARAUJO 2009 Modelagem ANSYS Imp = 8 mm		ALMEIDA 2012 Sistema + Imp = 4 mm			ALMEIDA 2012 Sistema X Imp = 4 mm		
Protensão Inicial (kN)	Pcr (kN)	Pcr (kN)	Aumento %	Modo de Flambagem	Pcr (kN)	Aumento %	Modo de Flambagem
sem cabos	11,28	44,69	296,20	2	44,69	296,20	2
0,00	21,07	29,47	39,87	1	28,45	35,01	1
0,02	21,13	28,40	34,41	1	28,73	35,94	1
0,16	21,49	28,19	31,18	1	28,87	34,33	1
1,57	28,69	48,54	69,18	1	43,54	51,76	1
2,35	30,92	46,16	49,30	1	40,83	32,03	1
3,14	30,66	43,17	40,81	1	41,30	34,70	1

Tabela 5: Ganho % em relação a uma imperfeição global em cada nível de protensão

Nas figuras 7 a 14 são apresentados gráficos do comportamento carga x deslocamento dos nós localizados a $\frac{1}{4}$ (nó 4) e a $\frac{1}{2}$ (nó 7) de todas colunas estudadas para o "sistema cruz" e para o "sistema X" respectivamente. Os gráficos relacionados ao nó localizado a $\frac{3}{4}$ da estrutura não são apresentados, pois apresentam comportamento simétrico ao nó de $\frac{1}{4}$ de altura. Após a flambagem a análise do nó central ($\frac{1}{2}$ de altura) torna-se mais importante que a análise dos demais nós estudados até o momento da flambagem, pois através de sua análise pode-se conhecer em qual modo a coluna flamba, se no primeiro ou no segundo modo.

Pcr (kN) ARAUJO 2009 Modelagem ANSYS Imp = 8 mm		ALMEIDA 2012 Sistema + Imp = 8 mm			ALMEIDA 2012 Sistema X Imp = 8 mm		
Protensão Inicial (kN)	Pcr (kN)	Pcr (kN)	Aumento %	Modo de Flambagem	Pcr (kN)	Aumento %	Modo de Flambagem
sem cabos	11,28	43,43	284,99	2	43,43	284,99	2
0,00	21,07	29,83	41,57	1	30,01	42,43	1
0,02	21,13	27,24	28,91	1	28,27	33,80	1
0,16	21,49	27,08	26,02	1	28,78	33,94	1
1,57	28,69	45,68	59,22	1	45,62	59,01	1
2,35	30,92	43,18	39,66	1	43,73	41,42	1
3,14	30,66	42,56	38,81	1	42,92	39,97	1

Tabela 6: Ganho % em relação a uma imperfeição global em cada nível de protensão

4.1 Sistema cruz (+)

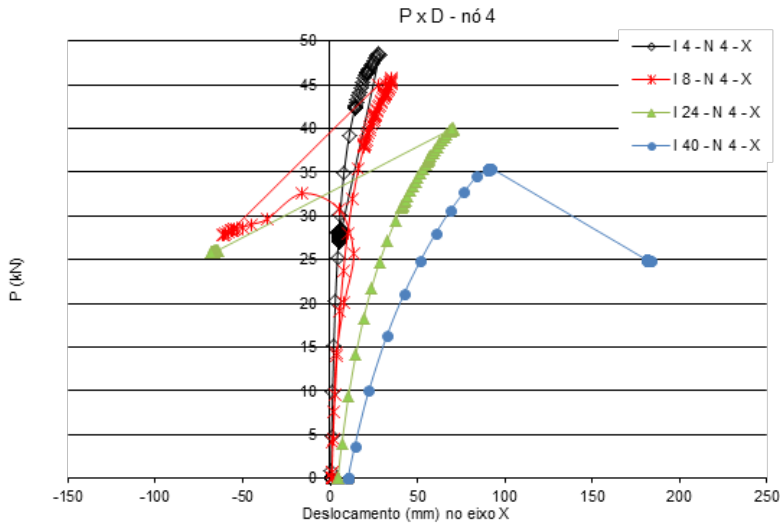


Figura 7: Carga x deslocamento do nó 4, no eixo X, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

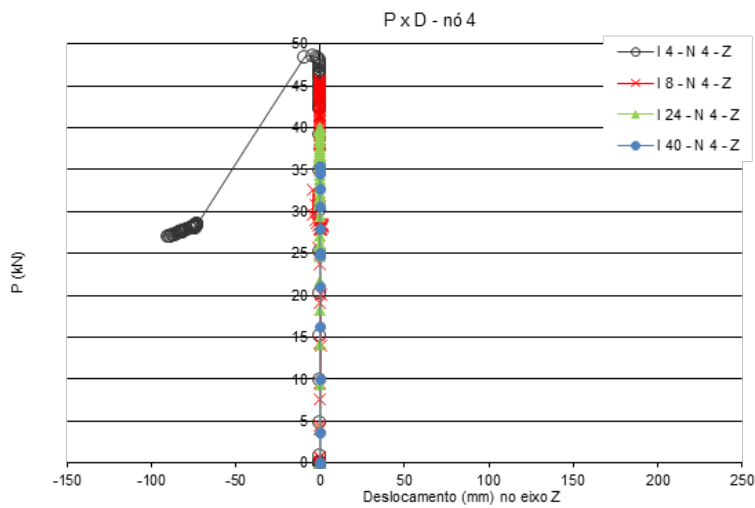


Figura 8: Carga x deslocamento do nó 4, no eixo Z, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

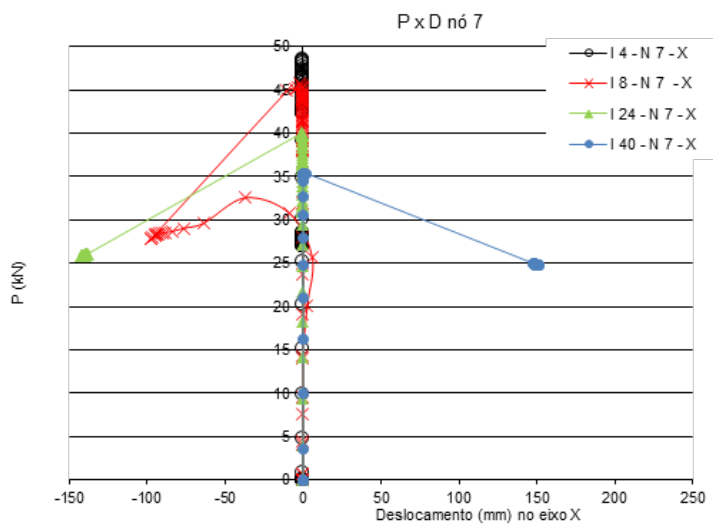


Figura 9: Carga x deslocamento do nó 7, no eixo X, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

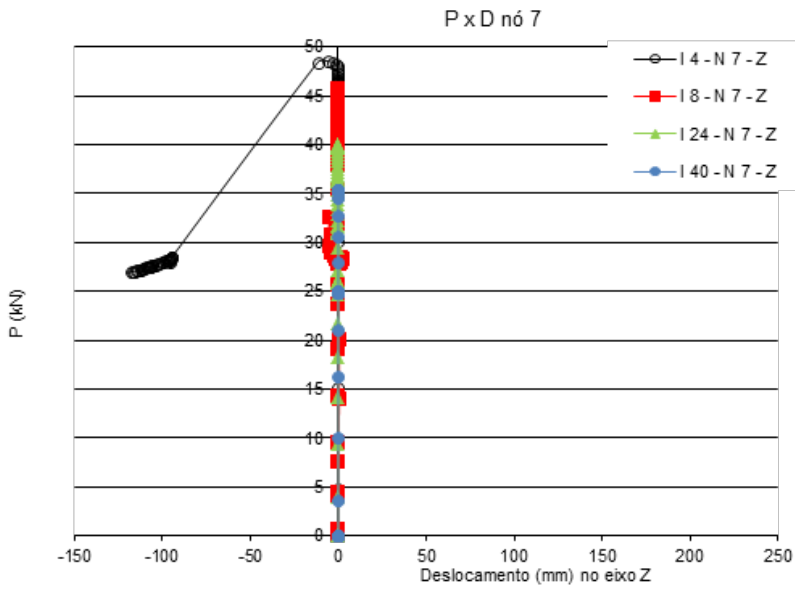


Figura 10: Carga x deslocamento do nó 7, no eixo Z, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

4.2 Sistema X

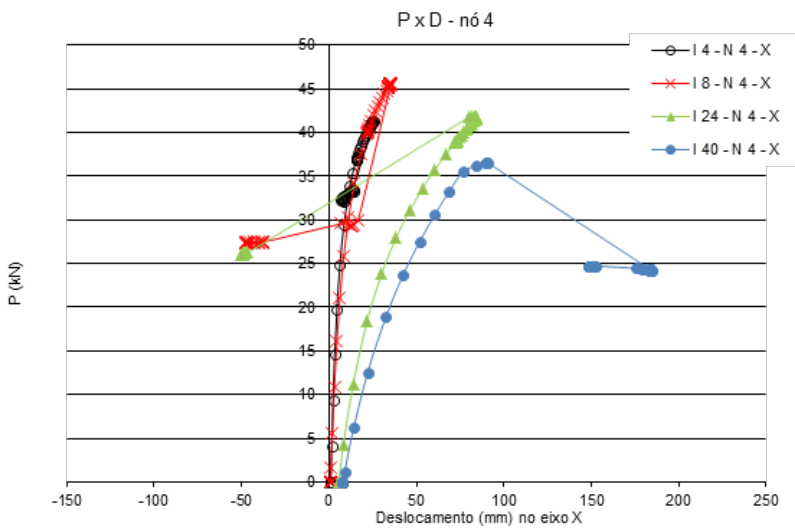


Figura 11: Carga x deslocamento do nó 4, no eixo X, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

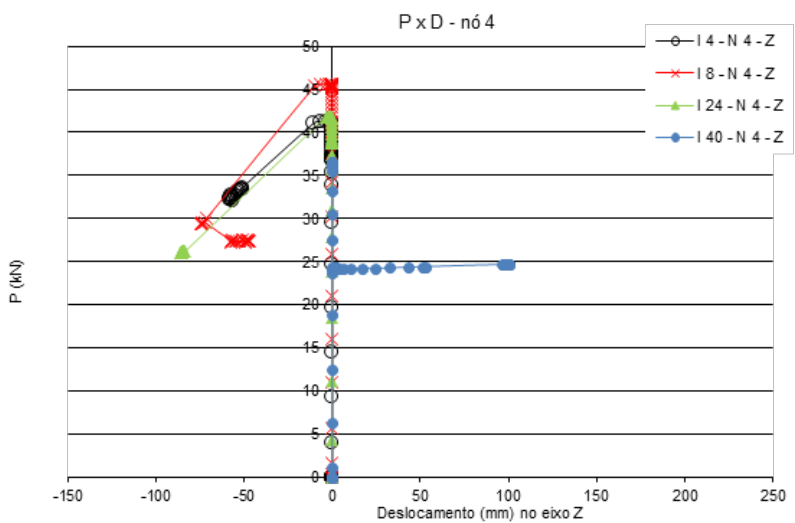


Figura 12: Carga x deslocamento do nó 4, no eixo Z, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

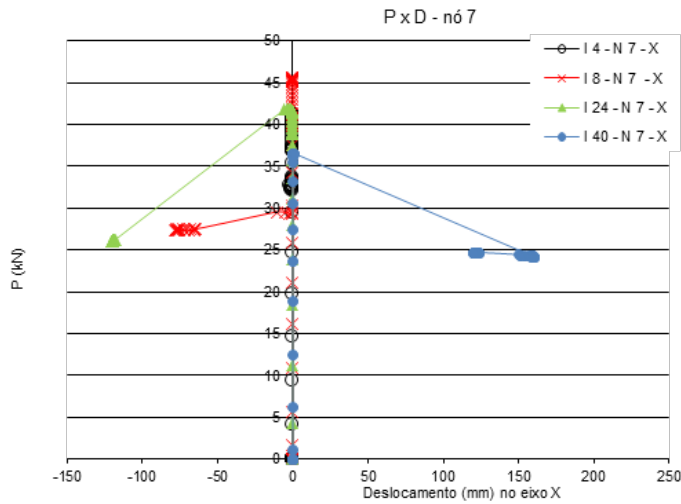


Figura 13: Carga x deslocamento do nó 7, no eixo X, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

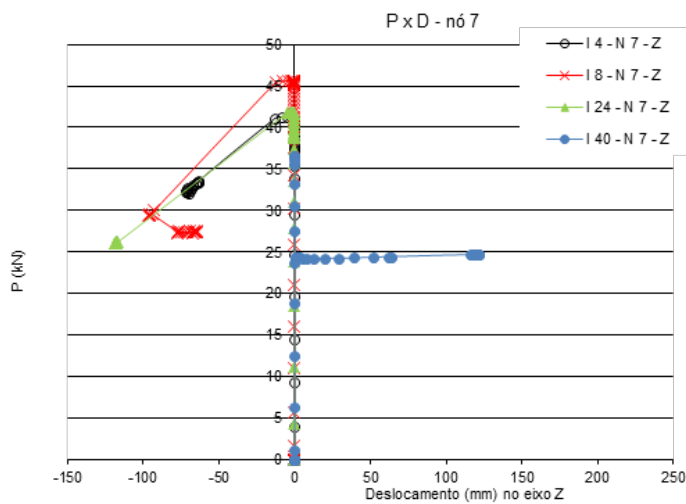


Figura 14: Carga x deslocamento do nó 7, no eixo Z, para as 4 imperfeições iniciais na melhor protensão

5 Conclusões

Construções com vãos cada vez maiores e com cronogramas de execução cada vez menores representam todos os dias um desafio a ser vencido por engenheiros do mundo inteiro.

Para a otimização da modelagem computacional de colunas de aço esbeltas estaiadas e protendidas este trabalho concentrou-se no desenvolvimento de equações que simulem o comportamento senoidal de colunas inicialmente imperfeitas, relacionando o deslocamento de cada ponto com a imperfeição inicial máxima e seu posicionamento em relação à altura do ponto deslocado. Tornando-se igualmente fundamental para a generalização do modelo a sua parametrização e a combinação de rotinas da linguagem de programação FORTRAN ao APDL da estrutura.

O estudo desenvolvido comprovou que a modelagem dessas colunas através de funções senoidais e rotinas de programação associadas ao APDL do modelo são capazes de gerar diferentes sistemas estruturais com maior velocidade e eficácia, visando à possibilidade de diversificação de estudos e projetos. Para tal, é possível alterar o valor da imperfeição geométrica inicial máxima, a quantidade de imperfeições iniciais, a quantidade de braços e estais, a quantidade e tamanho dos elementos para uma análise mais apurada, e, a inclinação dos estais.

Portanto, este trabalho apresenta uma solução para o escoramento de estruturas complexas onde o espaço físico e os tempos exigidos de construção são desfavoráveis. São estudados 56 (cinquenta e seis) colunas distintas em dois sistemas estruturais diferentes com objetivo

de se conhecer seu comportamento mediante à flambagem.

Em ambos os casos ("Sistema CRUZ" e Sistema X") pode-se observar que em todas as colunas estudadas o deslocamento na direção das imperfeições aumenta até o momento da flambagem com uma configuração no segundo modo. Após atingir a carga crítica, 85% das estruturas flambaram retornando à configuração de uma imperfeição global. Esse comportamento pode ser analisado observando-se o deslocamento do nó 7, localizado a $\frac{1}{2}$ da altura da coluna. Quando há o deslocamento deste nó a coluna flamba no primeiro modo de flambagem. Como pode ser observado na tabela 3 apenas as colunas sem cabos flambaram no segundo modo.

Com esse trabalho percebe-se também que quanto maior a imperfeição inicial, maior será a tendência de flambagem na direção da imperfeição. E quanto menor a imperfeição ini-

cial, maior a chance de flambar em outra direção. Isso acontece porque quanto menor a imperfeição, mais próximo da coluna ideal ela é, sendo seu comportamento explicado pela teoria da bifurcação.

Outra conclusão importante é que, para os mesmos níveis de protensão em ambos os sistemas, todas as cargas críticas alcançadas pelas estruturas com dupla curvatura de imperfeição inicial mesmo flambando no primeiro modo foram maiores que as cargas atingidas pelas colunas com uma imperfeição global inicial, mostrando-se, portanto, serem mais eficientes em termos de capacidade máxima de carga.

Nas próximas etapas deste trabalho será analisado numericamente por meio do Método dos Elementos Finitos (com o uso do programa Ansys) o comportamento dessas estruturas mediante à superposição de imperfeições iniciais em diferentes direções como observado nos estudos experimentais de Araujo [ARAUJO, 2009].

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro provido pelas agências de suporte científico e tecnológico: CAPES, CNPq e FAPERJ pelo suporte financeiro concedido a este programa de pesquisa. Agradecem também ao LABCIV (Laboratório de Computação da Engenharia Civil) e a FEN Faculdade de Engenharia da UERJ pelo suporte computacional.

Referências

- ALMEIDA, S.R.de; VELLASCO, P.C.G.daS.; e, ARAUJO R.R.de, **Modelagem Computacional de Colunas de Aço Esbeltas Estaiadas e Protendidas** In, 32º Congresso Íbero Latino Americano de Métodos Computacionais em Engenharia (CILAMCE), 2011, Ouro Preto-MG, 12pp CDRom.
- ALMEIDA, S.R.de; VELLASCO, P.C.G.daS.; e, ARAUJO R.R.de, **Modelagem Computacional de Colunas de Aço Esbeltas Estaiadas e Protendidas** In, Semana de Iniciação Científica (SEMIC), 19., 2011, Rio de Janeiro. Resumos. CDRom.
- ALMEIDA, S.R.de; VELLASCO, P.C.G.daS.; e, ARAUJO R.R.de, **Modelagem Computacional de Colunas de Aço Esbeltas Estaiadas e Protendidas** In, Semana de Iniciação Científica (SEMIC), 20., 2012, Rio de Janeiro. Resumos. CDRom.
- ALMEIDA, S.R.de; VELLASCO, P.C.G.daS.; e, ARAUJO R.R.de, **Modelagem Computacional de Colunas de Aço Esbeltas Estaiadas e Protendidas** In, Semana de Iniciação Científica (SEMIC), 21., 2013, Rio de Janeiro. Resumos. CDRom.
- ALMEIDA, S. R. de,, ARAÚJO, R. R. de, VELLASCO, P. C. G. da S., LIMA, L. R. O. de, ANDRADE, S. A. L. de, **Numerical Finite Element Modelling of Prestressed Stayed Steel Columns**, 14th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, CC2013, 2013, Cagliari, 16pp CDRom.
- ANDRADE, S.A.L.de; VELLASCO, P.C.G.daS.; e, SILVA, J.G.S.da, **Concepção e Projecto Estrutural do Palco Principal do Rock in Rio III**. Porto, Construção Magazine 6,p.4 – 11, 2003.
- ANSYS. **Basic Analysis Procedures Guide**, Release 11 (www.ansys.com).
- ARAUJO, R.R.de; ANDRADE, S.A.L.de; VELLASCO, P.C.G.daS.; e, SILVA, L.A.P.S.da, **Avaliação estrutural de colunas de aço estaiadas pré-esforçadas**, CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, vol. 2, pp. 671-678, 2007.
- ARAUJO, R.R.de; **Estudo do Comportamento Estrutural de Colunas de Aço Estaiadas e Protendidas**. DSc Tese, CIV-PUC, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.
- ARAUJO, R.R.de; **Estudo teórico-experimental de colunas de aço estaiadas e protendidas**. MSc Dissertação, CIV-PUC, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

- ARAÚJO, R.R.de; SILVA, L.A.P.S.da; ANDRADE, S.A.L.de; VELLASCO P.C.G.daS.; SILVA, J.G.S.da; e, LIMA, L.R.O.de., **Experimental analysis of prestressed stayed steel columns**, Eurosteel2008 (artigo aceito para publicação), 2008.b.
- ARAÚJO, R.R.de; ANDRADE S.A.L.de; VELLASCO P.C.G.daS.; SILVA J.G.S.da; e, LIMA, L.R.O.de, **Experimental and numerical assessment of stayed steel columns**, Journal of Constructional Steel Research, Elsevier (artigo aceito para publicação), 2008.a.
- ARAÚJO; R.R.de, ANDRADE S.A.L.de; VELLASCO, P.C.G.daS.; SILVA J.G.S.; e, LIMA, L.R.O.de, **Structural Response of Pre-Stressed Stayed Steel Columns**. International Colloquia on Stability and Ductility of Steel Structures - SDSS'06. IST Press, v. 1. p. 241-248, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 8800**. Projeto de Estruturas de Aço e Estruturas Mistas de Aço e Concreto de edifícios. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil, 2008.
- BELENYA, E., **Prestressed load-bearing metal structures**, English Translation, MIR Publi-shers, 1977.
- CHAN, S.; SHU, G.; LÜ, Z., **Stability analysis and parametric study of pre-stressed stayed columns**, Engineering Structures, Elsevier, 24, pp. 115-124, 2002.
- CSA STANDARD **S116-01**, Limit States Design of Steel Structures. Canadian Standards Association. Ontario, Canadá, 162 p. 2001.
- EUROCODE 3. **EN 1993**, Design of steel structures Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels, CEN-European Committee for Standardisation; 2005.
- HAFEZ, H.H.; TEMPLE, M.C.; e, ELLIS, J.S., **Pretensioning of single-cross-arm stayed columns**, Journal of the Structural Division, ASCE, 108(7), pp. 1623-1640, 1982.
- SAITO, D.; e, WADEE, M. A., **Buckling behavior of prestressed steel stayed columns with imperfections and stressd limitation**, Engineering Structures, Elsevier, 31, 1-15, 2009.a.
- SAITO, D.; e, WADEE, M. A., **Numerical studies of interactive buckling in prestressed steel stayed columns**, Engineering Structures, Elsevier, 31, 432-433, 2009.b.
- SAITO, D.; e, WADEE, M. A., **Post-buckling behaviour of prestressed steel stayed columns**. Eng. Struct., 30 doi: 10.1016/j.engstruct, 2007.
- VELLASCO, P.C.G.daS.; ANDRADE S.A.L.de; e, SILVA, J.G.S.da, **Sistema Construtivo e Montagem do Palco Principal do Rock in Rio III**. Porto, Construção Magazine 7, p.30 – 55, 2003.
- VOEVODIN, A.A., **Ustoichivost predvaritelno-napryazhennoy shprengelnoy stoiki** (Stabi-lity of a Prestressed Trussed Column), Trudy NIIR, 1970.
- WONG, K.C.; TEMPLE, M.C., **Stayed column with initial imperfection**, Journal of the Structural Division, ASCE, 105(2), pp. 359-375, 1979.

Dados dos Autores

Samuel Ribeiro de Almeida (samuel.engtec@yahoo.com.br) é graduando em Engenharia Civil pela UERJ (Rua São Francisco Xavier, 524, 5o andar, Bloco A, Sala 5018 Pavilhão João Lyra Filho, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ CEP: 20550-900. Tel: +55 21 2334-0469)

Ricardo Rodrigues de Araujo (araujo.r.r@gmail.com), doutor em Engenharia Civil - Estruturas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio e pós-doutorando na UERJ, é professor do Departamento de Engenharia Civil do CEFET/RJ (Av. Maracanã 229 – Maracanã, Rio de Janeiro - RJ CEP:20271-110 Tel: +55 21 2566-3057).

Pedro Colmar Gonçalves da Silva Vellasco (vellasco@eng.uerj.br), pós-doutor e doutor em Structural Engineering pela Imperial College Of Science Technology And Medicine University Of London, é professor titular da Faculdade de Engenharia da UERJ (Rua São Francisco Xavier, 524, 5o andar, Bloco A, Sala 5018 Pavilhão João Lyra Filho, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ CEP: 20550-900, Tel: +55 21 2334-0469)

Luciano Rodrigues Ornelas de Lima (lucianolima@uerj.br), pós-doutor pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e doutor em Engenharia Civil - Estruturas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, é professor da Faculdade de Engenharia da UERJ (Rua São Francisco Xavier, 524, 5o andar, Bloco A, Sala 5018 Pavilhão João Lyra Filho, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ CEP: 20550-900, Tel: +55 21 2334-0469)

Sebastião Arthur Lopes de Andrade (andrade@puc-rio.br), doutor em Civil Engineering pela University of Manchester, é professor Faculdade de Engenharia da PUC-Rio (Rua Marques de São Vicente,225 sala 301-L Gávea, Rio de Janeiro, RJ CEP: 22453-090, Tel.: +55 21 35271193 Ramal: 118)

TÉCNICA DE CONTROLE APLICADA AO EFEITO DA SONOLUMINESCÊNCIA

R. de O. Garcia

A. L. F. de Barros

D. Castro

A. R. L. Zachi

RESUMO: O fenômeno da sonoluminescência é observado quando uma ou mais bolhas de ar suspensas na água colapsam, emitindo luz, na presença de ondas acústicas ultrassônicas produzidas por cristais piezoelétricos (PZT). Para o fenômeno acontecer é necessário que a bolha possa ser aprisionada no meio do recipiente com a sua frequência de ressonância. O objetivo desse estudo é aplicar a técnica de controle em sistemas habilitando a detecção da frequência de ressonância inicial, e a partir disso, manter a frequência de excitação do ressonador. A frequência de ressonância é determinada por comparação do sinal aplicado ao ressonador através do sinal emitido pelos PZTs. A ideia é adquirir o conhecimento em relação a função de resposta em frequência do ressonador para então utilizá-la como base na técnica de controle. A automação desse processo será realizada por meio do desenvolvimento de algoritmos de controle cujas características de convergência e estabilidade sejam garantidas.

Palavras-chave: sonoluminescência, automação

ABSTRACT: The phenomenon of sonoluminescence is observed when one or more air bubbles suspended in water collapse, emitting light in the presence of acoustic waves produced by ultrasonic piezoelectric crystals (PZT's). For the phenomenon to occur is necessary that the bubbles can be trapped in the middle of the resonator container by means of an excitation at its resonance frequency. The objective of this study is to apply control systems technique to both the detection and the maintenance of the resonance frequency as the excitation mode of the resonator. The resonance frequency is determined by comparing the signal applied to the resonator as delivered by the PZTs to the signal measured by the hydrophone. The idea is to gain knowledge about the system frequency response function and use it as a basis for a control technique. The desired automation for this process is then achieved by developing control based algorithms, with guaranteed stability and convergence properties.

Keywords: sonoluminescence, automation.

1. INTRODUÇÃO

A sonoluminescência de uma única bolha – Single bubble sonoluminescence (SBSL) – é um fenômeno luminoso gerado através do aprisionamento de uma bolha em meio aquoso excitado por ondas ultrassônicas geradas por cristais piezoelétricos – PZTs. A bolha aprisionada se comporta como um oscilador não-linear, concentrando a energia para que então ocorra a emissão de fótons durante o seu colapso (Suslick et al., 1999)(Crum et al., 1999). Para se produzir o fenômeno em meio aquoso é necessário produzir uma onda acústica estacionária no ressonador. Este fenômeno poderá ser observado quando a frequência aplicada aos cristais piezoelétricos for idêntica a frequência de ressonância do frasco, determinada pela sua geometria. Nesta situação, uma bolha criada artificialmente no interior do ressonador poderá ser capturada, dando início a um ciclo de expansões e colapsos, quando então ocorrerá a emissão de luz (Suslick et al., 1999). A determinação exata da frequência de ressonância é de vital importância para o sucesso na observação deste fenômeno. Nos experimentos iniciais, a frequência de ressonância era determinada pela comparação entre o sinal aplicado pelos PZTs ao frasco e o sinal medido pelo hidrofone, a frequência do sinal aplicado era alterada manualmente, se atuando diretamente no gerador de sinais. No sistema atual foi possível implementar um algoritmo de controle que determina a frequência de ressonância independentemente do formato do frasco, e mantém a frequência de excitação no valor determinado. Estes experimentos são realizados no Laboratório de Física Experimental e Aplicada (LaFEA), no CEFET/RJ, onde estão disponíveis

diversos tipos de ressonadores e cristais piezoelétricos (Barros et al., 2010) (Barros et al., 2010).

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, optou-se pela implementação de um algoritmo de controle por realimentação para gerar a frequência de excitação, rastreando a ressonância, i.e., a frequência onde deve ocorrer o fenômeno. O trabalho se iniciou com uma análise qualitativa no domínio do tempo contínuo, onde foi definido o problema de controle, a solução proposta e seu desempenho. O algoritmo será analisado quanto aos quesitos de convergência e estabilidade. Posteriormente serão apresentados os resultados da simulação numérica e dos testes em bancada.

3. RASTREIO DA FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA PELA MEDIDA DE DIFERENÇA DE FASE

Como se sabe, na frequência de ressonância a diferença de fase entre o sinal aplicado ao frasco e o sinal medido é nula. Neste experimento, a diferença de fase é calculada por um algoritmo que compara algumas amostras do sinal aplicado aos PZTs com amostras do sinal lido pelo hidrofone (Fig. 1) Assim, quando a diferença de fase é nula, pode-se garantir que o ressonador está sendo excitado na frequência de ressonância correta - ω_r . O algoritmo é executado no ambiente do MatLab, que lê os dados provenientes de um osciloscópio, via USB e o osciloscópio recebe os dois sinais provenientes do experimento, como mostrado no esquema da Fig. 2.

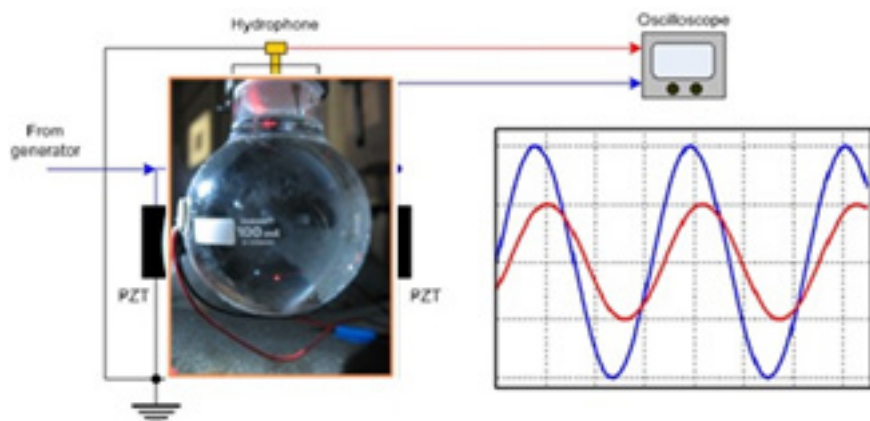


Figura 1 – Gráfico ilustrativo da diferença de fases entre os sinais no ressonador esférico.

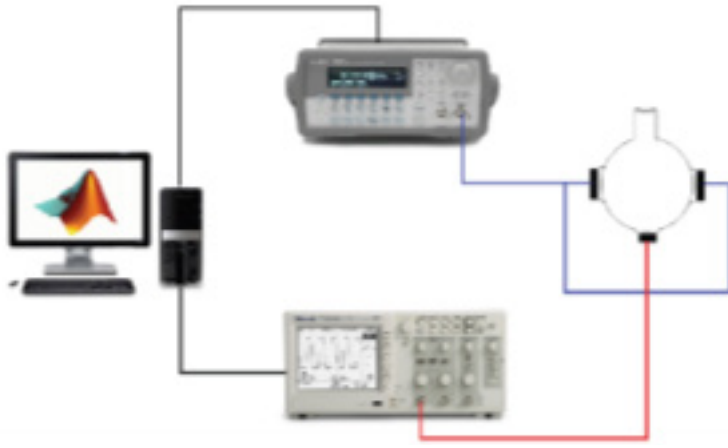


Figura 2 – Esquema do algoritmo de bancada com o sistema montado.

4. O PROBLEMA DE CONTROLE ASSOCIADO AO RASTREAMENTO DE FREQUÊNCIA

Em uma primeira aproximação, pode-se considerar a frequência de ressonância como dependente apenas do diâmetro do ressonador. Em (Crum et al., 1999), foram observadas pequenas perturbações devido a outros parâmetros do experimento, tais como a temperatura da água, do ambiente e pequenas variações no gerador de sinais, embora não tenha sido determinado quais desses efeitos era determinante na variação da frequência de ressonância do frasco.

Neste experimento, de forma a rastrear a frequência de ressonância, onde o fenômeno da sonoluminescência deve ocorrer, tomou-se como base as características da curva de resposta em fase do ressonador, onde é apresentada a diferença de fase entre o sinal aplicado, denotado por ϕ_{PZT} , e o sinal medido, ϕ_H . Conforme o que foi apresentado e discutido em trabalho anterior (Suslick et al., 1999), estes dois sinais estarão em fase exatamente na frequência de ressonância ω_r , isto é:

$$\phi_{PZT(\omega_r)} = \phi_{H(\omega_r)} \quad (1)$$

Para determinar a frequência de ressonância, utilizando os métodos de Teoria de Controle, primeiramente foi definido o sistema e suas equações dinâmicas, identificando a entrada e a saída para este sistema e então, formulou-se o problema de controle associado ao mesmo, depois, foi adotada uma variável de erro como a seguinte diferença:

$$e_\phi = \Delta_\phi = \phi_{H(\omega)} - \phi_{PZT(\omega)} \quad (2)$$

Como um método padrão da Teoria de Controle, a equação dinâmica do sistema é obtida através da diferenciação da Eq. (2), assim tem-se que:

$$\dot{e}_\phi = \frac{\partial \Delta_\phi}{\partial \omega} \dot{\omega} \quad (3)$$

Que representa como o erro de fase e_ϕ evolui com o tempo. Na Fig. 3 está representado um diagrama de blocos do sistema descrito pela Eq. (3).



Figura 3 – Diagrama de blocos do sistema da Eq. 3.

Deve ser ressaltado que a equação dinâmica na Eq. (3) representa apenas o comportamento da taxa de variação da diferença de fase em relação à frequência do sinal de entrada. Isto quer dizer que esta mesma equação corresponde a um modelo matemático analítico e não a um sistema de controle real, com sinal de entrada ω e sinal de saída e_ϕ .

Pode ser observado, a partir da Eq. (3), que o termo $\frac{\partial \phi_H}{\partial \omega}$ corresponde à inclinação da curva de fase em cada valor de frequência ω de entrada. Este termo representa o formato da curva que é uma característica intrínseca do sistema, e que não pode ser manipulada externamente. Note-se ainda que a única variável que pode ser manipulada externamente é ω , e, por

este motivo, será considerada como sinal de controle. Sendo assim, o objetivo de controle passa a ser o de fechar a malha do sistema (Fig. 3), pelo projeto de K , e governar a evolução do erro no tempo, para atingir o valor zero.

5. PROJETO DO CONTROLE

A lei de controle escolhida neste trabalho para atingir o objetivo mencionado na seção anterior é dada por:

$$\dot{\omega} = K e_{\phi} \quad (4)$$

sendo $K > 0 \in \mathbb{R}$ uma constante de projeto. A Fig. 4 descreve o diagrama de bloco do sistema em malha fechada. Para verificar o efeito desta ação proporcional (i.e., proporcional ao erro) sobre a dinâmica em malha fechada, basta substituir a lei definida na Eq. (4) na Eq. (3), ou seja,

$$\dot{e}_{\phi} = K \left(\frac{\partial \phi_H}{\partial \omega} \right) e_{\phi} \quad (5)$$

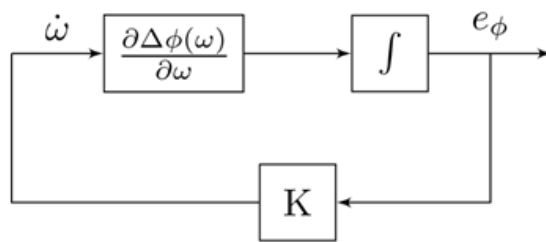


Figura 4 – Diagrama de blocos do sistema em malha fechada.

6 ANÁLISE DA ESTABILIDADE

Se o termo fosse uma quantidade constante e negativa, então a solução da Eq. (5) seria uma exponencial decrescente dada por:

$$e_{\phi}(t) = e_{\phi}(0) \times \exp \left[K \left(\frac{\partial \phi_H}{\partial \omega} \right) t \right] \quad (6)$$

Como $\left(\frac{\partial \phi_H}{\partial \omega} \right)$ varia com ω , faz-se necessário aplicar um ferramenta de análise mais conveniente: Funções de Lyapunov. As Funções de Lyapunov são basicamente funções que representam a energia líquida do sistema. No caso de sistemas compostos por sinais elétricos, estas

funções são escolhidas como sendo formas quadráticas positivas definidas (p.d.) nas amplitudes dos sinais de interesse. Assim, se um dado sistema dinâmico possuir uma função de Lyapunov p.d. $V(t) > 0$, o ponto de equilíbrio $V(t) = 0$ será assintoticamente estável se, e somente se, a sua derivada temporal for negativa definida (n.d.), isto é, $\dot{V}(t) < 0$. Estas duas condições juntas satisfazem o Teorema de Lyapunov (Slotine, 1991).

Para aplicar o Teorema de Lyapunov e verificar as propriedades de estabilidade e convergência do sistema em malha fechada representado pela Eq. 5, adota-se a seguinte função p.d (positiva definida):

$$V(e_{\phi}) = \frac{1}{2} e_{\phi}^2 > 0 \quad (7)$$

A derivada temporal de $V(e_{\phi})$ calculada a partir das Eqs. (5) e (7), resulta em:

$$\dot{V}(e_{\phi}) = e_{\phi} \dot{e}_{\phi} = K \left(\frac{\partial \phi_H}{\partial \omega} \right) e_{\phi}^2 \quad (8)$$

Observando o gráfico da curva de diferença de fase obtido experimentalmente e apresentado na Fig. 5, verifica-se que a inclinação da curva, ou seja, $\left(\frac{\partial \phi_H}{\partial \omega} \right)$ é negativa no intervalo de interesse, i.e, de 15 a 35 kHz. Isto implica que o termo $K \left(\frac{\partial \phi_H}{\partial \omega} \right)$ representa uma quantidade negativa e, portanto, leva à conclusão de que $\dot{V}(t) < 0$. Segundo o Teorema de Lyapunov, isto garante a convergência de $V(t)$ para zero e, consequentemente, a de e_{ϕ} .

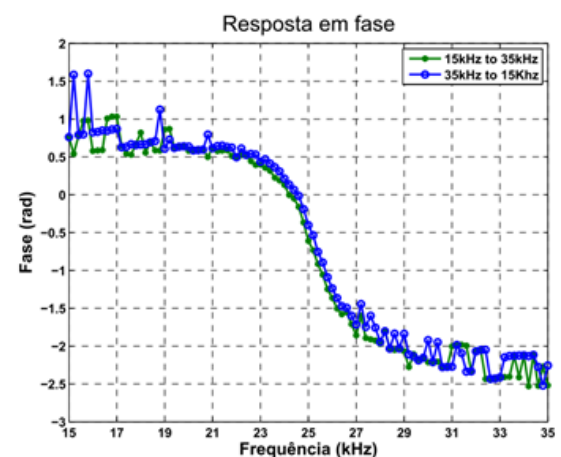


Figura 5 – Teste em bancada – resposta em fase do ressonador.

7. DESCRIÇÃO DO ALGORITMO

Para determinar a frequência de ressonância por meio da diferença de fase, foi desenvolvido um algoritmo, baseado na lei de controle apresentada na seção anterior. Neste algoritmo são utilizados, como entradas, os sinais provenientes do gerador e do hidrofone. Os seguintes passos são realizados no algoritmo:

1. Ajustar no gerador de funções uma frequência inicial $\omega = \omega_r$, determinada através da Eq. (9), onde v é a velocidade do som no líquido e d é uma dimensão típica do ressonador (diâmetro):

$$\omega_r = 2\pi \frac{v}{d} \quad (9)$$

2. Armazenar as formas de onda provenientes do gerador e do hidrofone;
3. Calcular a diferença de fase ϕ entre os sinais;
4. Calcular a nova frequência a ser aplicada utilizando a Eq. (10):

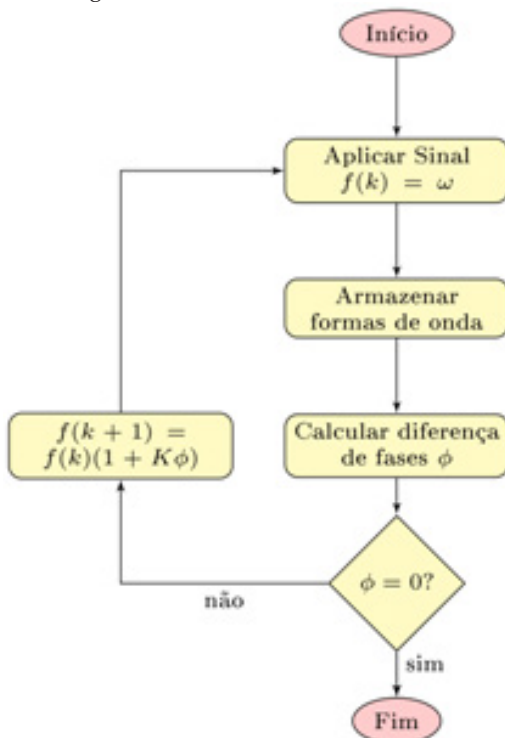
$$\omega_{atual} = \omega_{anterior} + \omega_{anterior} \times K \times \phi \quad (10)$$

5. Monitorar o ponto da frequência de ressonância utilizando o seguinte critério de parada:

$$\phi = 0 \quad (11)$$

6. Quando a condição de parada for atingida, o ressonador estará sendo excitado na frequência de ressonância.

Na Fig. 6, é apresentado um fluxograma deste algoritmo.



8. SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Com o objetivo de avaliar a convergência e a estabilidade do algoritmo proposto, foi realizada uma simulação numérica no ambiente Simulink, dentro do MatLab (Mathworks, 2010). O circuito utilizado na simulação é apresentado na Fig. 7, e os resultados desta simulação são apresentados nas Figs. 8a e b.

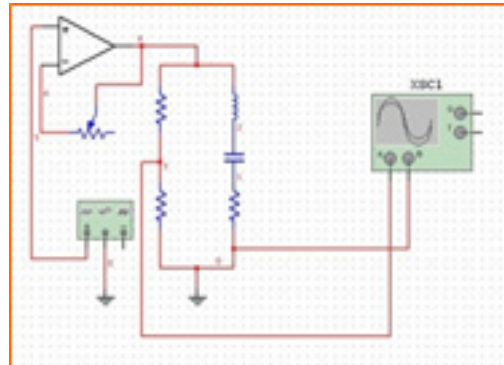


Figura 7 – Circuito hipotético utilizado na simulação.

9. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

9.1 Levantamento das curvas de resposta em frequência do ressonador

Após a realização da simulação numérica e do desenvolvimento do algoritmo, o passo seguinte foi a realização dos testes em bancada, com o ressonador. Como mencionado anteriormente, o ressonador utilizado foi do tipo esférico com capacidade de 100 mL.

Como teste inicial, foi realizada uma varredura automática para levantar os dados a fim de determinar as curvas de resposta em frequência do ressonador. Foi possível estabelecer a resposta em amplitude e em fase com os valores que foram lidos e armazenados pelo MatLab (Mathworks, 2010).

Figura 6 – Fluxograma do algoritmo.

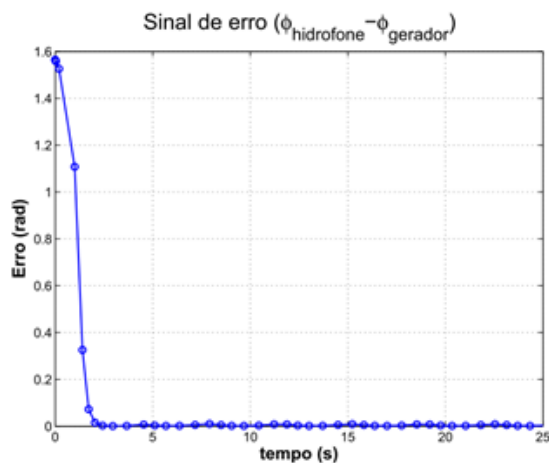
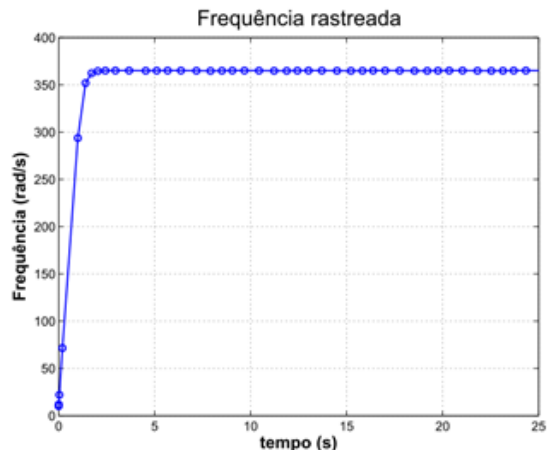


Figura 8 – Simulação: a) rastreamento da frequência de ressonância; b) sinal de erro.

As frequências utilizadas se limitaram a faixa [15; 35] kHz, com passos de 200 Hz entre cada frequência de teste, a frequência de ressonância estava localizada, aproximadamente, no meio desta faixa. Dois testes foram executados, variando a frequência de forma crescente e decrescente.

Para os algoritmos utilizados neste trabalho, o tempo de amostragem real foi de 4 s, o que é devido ao tempo de execução do algoritmo. Nas Figs. 5 e 9, são apresentados os resultados deste teste.

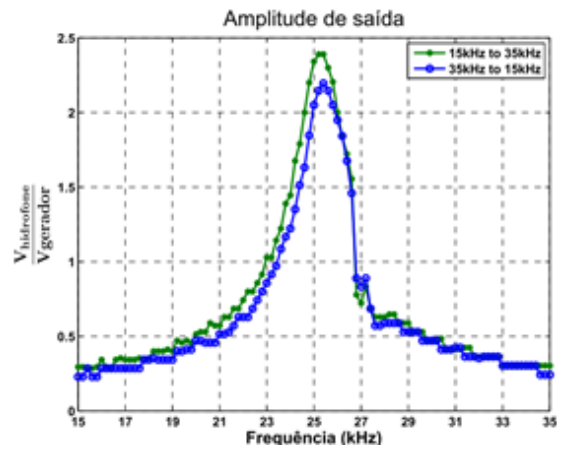
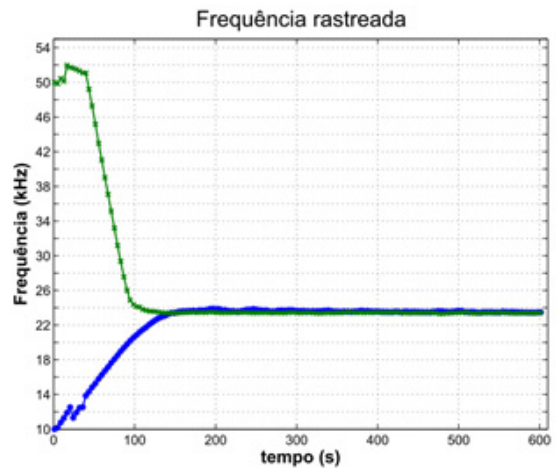


Figura 9 – Teste em bancada – resposta em amplitude do ressonador.

9.2 Testes com o algoritmo de controle

Utilizando o algoritmo proposto, realizaram-se os testes para averiguar o rastreamento e determinação da frequência de ressonância. Para cada teste, o algoritmo era executado durante 10 minutos com mais de uma frequência inicial, 10 kHz e 50 kHz.

Nas Fig. 10a e b, são apresentados os resultados para estes testes, onde a frequência de ressonância detectada ficou em torno de 24 kHz, como era o esperado.



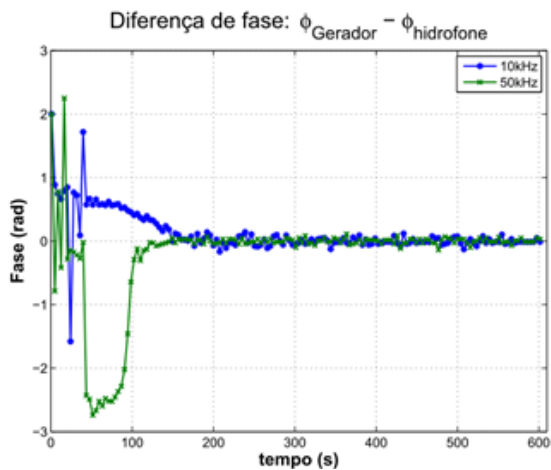


Figura 10 – Teste em bancada – a) frequência rastreada; b) resultado final da diferença de fase.

10. CONCLUSÕES

Do ponto de vista do experimento, foi possível desenvolver um sistema de auto-maçã

para permitir a obtenção do fenômeno da sonoluminescência. Do ponto de vista da Física, um processo desafiador que ocorre em condições bastante específicas, a altas temperaturas e pressões, envolvendo conceitos teóricos importantes, como por exemplo a conversão de uma forma de energia em outra, i.e., mecânica em eletromagnética. Embora o experimento convencional requiera equipamentos simples, o ajuste dos parâmetros, necessários à observação do fenômeno, requer procedimentos complexos e que consomem tempo significativo, o que justifica o projeto de um sistema de controle para viabilizar a obtenção do fenômeno de forma automática. Como etapa necessária, foram realizadas, por meio da ferramenta MatLab, simulações numéricas do algoritmo. Após estas simulações e com a ajuda de um algoritmo de cálculo da diferença de fase entre os sinais de interesse, foi possível a finalização do algoritmo de controle. A arquitetura proposta, utilizando um algoritmo executado dentro do MatLab, apresentou resultados satisfatórios no que tange aos critérios de convergência e estabilidade.

Referências bibliográficas

- de Barros, A. L. F.; Watanabe, G.; Lopes, R. P. e Nogueira, A. L. M. A., **Ultrasound Behavior of Different Ceramic Piezoelectric Transducers applied to Sonoluminescence**. En-gevista (UFF), v. 12, p. 30, 2010.
- de Barros, A. L. F., Cavalcante B., Lobo, L., Gachet, R. e Santos, L. **Sonoluminescência: Implosão e Transformação - Parte II: Aprisionando a Bolha de Luz**, Tecnologia & Cultura, Rio de Janeiro, ano 12, no. 16, p. 84-90, 2010.
- Close C. M., **Circuitos Lineares**, 2. ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1975.
- Crum LA, Mason TJ, Reisse J, Suslick KS, eds., **Sonochemistry and Sonoluminescence**. AIP Conf. Proc. Vol. 524. Dordrecht, Kluwer Acad, 1999.
- Mancini, Rob. **Opamps for everyone**. Texas Instruments, 2002.
- Mathworks. **Getting Started Guide – Using MATLAB with Tektronix Oscilloscopes Over a USB Connection**, 2007.
- Slotine, J.-J. E. & Li, W, **Applied nonlinear control**, Prentice Hall, 1991.
- Suslick KS, Didenko Y, Fang MM, Hyeon T, Kolbeck KJ, et al. **Acoustic cavitation and its chemical consequences**. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. A357:335–53, 1999.

Dados dos autores

- Rafael de O. Garcia** (rafarcia@gmail.com) é ex- aluno de mestrado do Programa de Pós graduação em Engenharia Elétrica do CEFET/RJ.
- Décio Castro** (drcaastro@ibest.com.br) é aluno de mestrado do Programa de Pós graduação em Engenharia Elétrica do CEFET/RJ.
- Alessandro Rosa Lopes Zachi** (zachi@cefet-rj.br) é doutor em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ, Professor-Adjunto III do Dep. de Engenharia Elétrica e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica (PPEEL) do CEFET/RJ.
- Ana Lucia Ferreira de Barros** (abarros@cefet-rj.br), doutora em Física pela UFRJ, é Profes-sora-Adjunto IV do Dep. de Disciplinas Básicas e Gerais e atual coordenadora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica (PPEEL) do CEFET/RJ.
- Laboratório de Física Experimental e Aplicada (LaFEA)
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca /CEFET-RJ
20271-110 - Rio de Janeiro – RJ



**CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA**

Av. Maracanã, 229 - Maracanã
Rio de Janeiro / RJ - CEP 20271-110
www.cefet-rj.br