

# I CONITI

# 2008

## I CONGRESSO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO

**Organizadores**  
**José Yvan Pereira Leite**  
**Antônio Luiz Pereira de Siqueira Campos**



**Presidente da República**  
Luiz Inácio Lula da Silva

**Ministro da Educação**  
Fernando Haddad

**Secretaria de Educação Profissional Tecnológica**  
Eliezer Moreira Pacheco

**CEFET-RN**  
**Diretor Geral**  
Belchior de Oliveira Rocha

**Diretor da Unidade Natal**  
Enilson Araújo Pereira

**Diretor da Unidade Natal Zona Norte**  
Anna Catharina da Costa Dantas

**Diretor da Unidade Mossoró**  
Clóvis Costa de Araújo

**Diretor da Unidade Currais Novos**  
Rady Dias de Medeiros

**Diretor da Unidade Ipanguaçu**  
Evandro Firmino de Souza

**Diretor de Pesquisa**  
José Yvan Pereira Leite

**Coordenador da Editora do CEFET-RN**  
Samir Cristino de Souza

I Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação –  
CONITI - 2008

Copyright 2008 do CEFET-RN

Todos os direitos reservados

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, ao CEFET-RN.

**Divisão de serviços Técnicos**  
**Catálogo da publicação na fonte.**  
**Biblioteca Sebastião Fernandes (BSF) – CEFET/RN**

Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação –  
CONITI (1.: Natal: 2008: Rio Grande do Norte. RN)/ José Yvan Pereira  
Leite e Antônio Luiz Pereira de Siqueira Campos. Natal: CEFET-RN,  
2008.  
115p.

ISBN – 978-85-89571-41-8

1. Educação tecnológica. 2. Iniciação Desenvolvimento Tecnológico. 3.  
Inovação Tecnológica. I. CNPq. II. PIBITI. III. Programa de Iniciação  
Tecnológica.

CDD – 370.1

CEFET/RN/BSF

Nº	ARTIGOS	PÁGINAS
	<b>APRESENTAÇÃO</b>	
1	<b>CUIDADOS COM O CORPO E AS ATIVIDADES LÚDICAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DE AÇÕES DO PROGRAMA INTEGRADO LAZER E SAÚDE</b> Maria Isabel Brandão de Souza Mendes e Laís Paula de Medeiros	1 – 7
2	<b>SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO: UMA REALIDADE POSSÍVEL</b> Michel Madson Alves Cabral Antonio Luiz Pereira de Siqueira Campos	8 – 13
3	<b>INFLUÊNCIA DA CARCINICULTURA SOBRE A SALINIZAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DO MUNICÍPIO DE GUAMARÉ/RN</b> Douglisnilson de Moraes Ferreira, Jailson Vieira de Melo e Leão Xavier da Costa Neto	14 – 22
4	<b>AUTOMATIZAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE SOLDAGEM TIG *</b> João Lucas Macena de Farias, José Ronaldo de Souza Filho e José Henrique de Souza	23 – 27
5	<b>MODELO INTEGRADO DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A IMPLEMENTAÇÃO NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA: UM ESTUDO DE CASO</b> Rafael Fonsêca da Costa e Valdenildo Pedro da Silva	28 – 41
6	<b>FORMAÇÃO DE LEITORES: O ENSINO DE LÍNGUA PORTUGUESA EM TURMAS DE EJA</b> Dhierclay de Souza Alcântara e Ilane Ferreira Cavalcante	42 – 53
7	<b>KIT EDUCACIONAL PARA CONTROLE E SUPERVISÃO APLICADO A NÍVEL</b> Jonathan Paulo Pinheiro Pereira e Bruno de Paiva e Silva Castro	54 – 58
8	<b>ANÁLISE EM MALHA FECHADA DO CONTROLADOR GENERALIZED PREDICTIVE CONTROL (GPC)</b> Anderson Luiz de Oliveira Cavalcanti e Rafael Chaves de Sousa Ichihara	59 – 66
9	<b>CONCRETO LEVE À BASE DE ARGILA EXPANDIDA: PROPRIEDADES E APLICABILIDADE PARA ALVENARIA DE CASAS POPULARES</b> Elton Queiroz Silva e Edilberto Vitorino de Borja	67 – 74
10	<b>AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DO COMPÓSITO PLÁSTICO REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO-E (PRFV) EM CONTATO COM O PETRÓLEO</b> Camilla de Medeiros Dantas, Renata Carla T. S. Felipe, Raimundo Nonato Barbosa Felipe e Gilson Gomes de Medeiros	75 – 80
11	<b>EFEITO DO UMEDECIMENTO E DA VELOCIDADE DE DEFORMAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA DE SOLOS CIMENTADOS ARTIFICIALMENTE</b> Henrique Gonçalves Carvalho Júnior, Dárcia Sâmia Santos Moura, Ricardo Nascimento Flores Severo, Olavo Francisco dos Santos Júnior, Ovídio Cabral de Macedo Neto e Régia Lúcia Lopes	81 – 93
12	<b>ESTUDO DO EFEITO DO PLASMA DE H<sub>2</sub> SOBRE A REDUÇÃO DO WO<sub>3</sub> EM DIFERENTES PONTOS DA CAMADA SUPERFICIAL</b> Fábio Teixeira da Silva, Gilson Garcia da Silva, Caubi Ferreira de	94 - 104

	Souza Jr. e Tércio Graciano Machado	
13	<b>AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DO COMPÓSITO PLÁSTICO REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO-E (PRFV) EM CONTATO COM O PETRÓLEO</b> Camilla de Medeiros Dantas, Renata Carla T. S. Felipe, Raimundo Nonato Barbosa Felipe e Gilson Gomes de Medeiros	105 - 115

## **Apresentação**

*O I Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte publica, nestes Anais, 12 trabalhos oriundos das diversas áreas do CEFET-RN.*

*Os trabalhos publicados foram apoiados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI).*

*O evento congrega além dos projetos apoiados pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI), projetos de educadores e pesquisadores do CEFET-RN que sejam vinculados a empresas.*

*É importante ressaltar que os bolsistas de iniciação tecnológica (Programa PIBITI - CNPq/CEFET-RN) publicaram seus resultados no evento disseminando as suas atividades científicas e ampliando a responsabilidade social do Programa de Pesquisa da Instituição.*

### **Os Organizadores**

**José Yvan Pereira Leite**  
**Antônio Luis de Siqueira Campos**

**CUIDADOS COM O CORPO E AS ATIVIDADES LÚDICAS:  
CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DE AÇÕES DO PROGRAMA  
INTEGRADO LAZER E SAÚDE**

**Maria Isabel Brandão de Souza Mendes**

Docente do CEFET/RN – Doutora em Educação

Pesquisadora da Rede CEDES do CEFET-RN e do GEPEC da UFRN

E-mail: isabel@cefetrn.br

**Laís Paula de Medeiros**

Graduanda do Curso Superior de Tecnologia em Lazer e Qualidade de Vida do CEFET/RN

Bolsista PIBITI - CNPq

E-mail: laispaulamedeiros@yahoo.com.br

**RESUMO**

O objetivo dessa pesquisa é realizar um diagnóstico do trabalho desenvolvido pela equipe de saúde no campo das atividades lúdicas junto as Unidades de Saúde da Família do município de Natal no Rio Grande do Norte. Trata-se de uma pesquisa exploratória, que visa ampliar o conhecimento relacionado à problemática da saúde e do lazer, mapear ações das Unidades de Saúde da Família e apontar futuras investigações. Foram realizadas entrevistas com os gestores das unidades, além de observações e registros das atividades lúdicas, bem como entrevistas com os usuários, pretendendo captar as suas percepções e necessidades. Diante das informações obtidas, ressaltou-se a importância de um planejamento sistemático e ampliação das atividades lúdicas, sendo reconhecida as suas múltiplas contribuições para a saúde e reforçou-se, sobretudo, a necessidade da inserção de um profissional capacitado para o planejamento e execução dessas atividades: o profissional de Lazer e Qualidade de Vida. Ressalta-se ainda que o presente estudo apresenta-se a fim de oferecer elementos para a produção de um banco de dados, com vistas à divulgação dos resultados da pesquisa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lazer, Ludicidade, Saúde.

**CARE WITH THE BODY AND LUDIC ACTIVITIES: CONTRIBUTIONS TO THE  
PLANNING THE ACTION FOR THE PROGRAM INTEGRATED HEALTH AND  
LEISURE**

**ABSTRACT**

The objective of this research is to achieve a diagnosis of the work done by the team of health in the field of ludic activities with the Family Health Units of the municipality of Natal in Rio Grande do Norte. This is an exploratory research, which aims to broaden the knowledge related to the problem of health and leisure, mapping out actions of Units of Family Health and sharpen further investigations. Interviews were conducted with managers of the units, in addition to observations and records of recreational activities, as well as interviews with users, seeking to capture their perceptions and needs. Given the information obtained, he stressed the importance of a systematic planning and expansion of ludic activities, and recognized its many contributions to health and increased, especially, the need for the insertion of a skilled professional to the planning and implementation of these activities: the occupation of Leisure and Quality of Life. It is emphasized that this

study also presents itself in order to provide elements for the production of a database, with a view to disclosure of search results.

**Key-Words :** Leisure , Ludicity, Health.

## **CUIDADOS COM O CORPO E AS ATIVIDADES LÚDICAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DE AÇÕES DO PROGRAMA INTEGRADO LAZER E SAÚDE**

### **INTRODUÇÃO**

Desde a Antiguidade, diversos discursos e práticas educativas em saúde são construídos e re-significados conforme o tempo e o espaço em que estão inseridos e variam de acordo com a compreensão de corpo e o tipo de educação que se deseja. Conforme destaca Mendes (2007), o desejo de governar o corpo é expresso por meio de diferentes interesses e revelam rupturas e continuidades.

A busca por uma verdade guiada por uma estética da existência cede espaço para uma postura normativa guiada por modelos determinísticos fundamentados na ideologia do ser saudável. Discursos e práticas educativas em saúde que não abrem espaço para a diversidade de gestos, para a ludicidade, o divertimento, a tomada de decisões e nem para a possibilidade de criação (MENDES, 2007).

Diante da problemática apresentada, pretende-se com essa pesquisa suscitar elementos teóricos e empíricos que contribuam com o planejamento de ações do “Programa Integrado Lazer e Saúde” elaborado pelo Curso Superior de Tecnologia em Lazer e Qualidade de vida do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET/RN) para a Secretaria Municipal de Saúde, a partir da construção de discursos e práticas educativas em saúde que se contraponham aos poderes biopolíticos<sup>1</sup>.

Desse modo, elegemos as seguintes questões para nortear esse estudo:

Quais as atividades lúdicas que já são oferecidas para os usuários do Programa de Saúde da Família?

Quais as necessidades e desejos dos usuários, relacionadas ao desenvolvimento de atividades lúdicas?

E de que forma esses questionamentos podem contribuir para o planejamento de ações do “Programa Integrado Lazer e Saúde”?

A opção pelo direcionamento deste estudo ao Programa de Saúde da Família levou em consideração a relevância do mesmo enquanto principal estratégia atual do Sistema Único de Saúde. Estratégia que objetiva reorientar o modelo assistencial pautada nos princípios da universalidade, integralidade e equidade, por meio de um trabalho interdisciplinar, com vistas a incluir a família, ultrapassar o cuidado à saúde focalizado na doença e oferecer práticas democráticas e participativas para determinadas populações (BRASIL, 1997).

---

<sup>1</sup> Para Foucault (1988), os poderes biopolíticos contribuem com a instauração de uma administração calculista dos modos de viver.

## CAMINHANDO PELAS TRILHAS DAS UNIDADES DE SAÚDE DA FAMÍLIA EM NATAL

Com o objetivo de realizar um diagnóstico das atividades lúdicas que estão sendo oferecidas para os usuários do Programa de Saúde da Família do município de Natal no Rio Grande do Norte, inicialmente pretendeu-se apenas uma amostra representativa de 15 (quinze) unidades. No entanto, por solicitação da Secretaria Municipal de Saúde, a pesquisa estendeu-se às 34 (trinta e quatro) unidades localizadas em quatro distritos sanitários – Norte 1, Norte 2, Leste e Oeste, conforme pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1: Distritos Sanitários da Rede Municipal de Saúde.**

DISTRITO NORTE 1	DISTRITO NORTE 2	DISTRITO LESTE	DISTRITO OESTE
1.Unidade de Saúde da família de Gramoré	12.Unidade de Saúde da família de Igapó	21.Unidade de Saúde da Família da Guarita	24.Unidade de Saúde da Família de Bom Pastor
2.Unidade de Saúde da família de Nova Natal I	13.Unidade de Saúde da família Panatis	22.Unidade de Saúde da família Passo da Pátria	25.Unidade de Saúde da Família Cidade Nova
3.Unidade de Saúde da família de Nova Natal II	14.Unidade de Saúde da família Potengi	23.Unidade de Saúde da família das Rocas	26.Unidade de Saúde da Família Nova Cidade
4.Unidade de Saúde da família Nordelândia	15.Unidade de Saúde da família de Santarém		27.Unidade de Saúde da Família Nazaré
5.Unidade de Saúde da família Cidade Praia	16.Unidade de Saúde da família de Santa Catarina		28.Unidade de Saúde da Família Saúde Felipe Camarão - II
6.Unidade de Saúde da família José Sarney	17.Unidade de Saúde da família de Soledade I		29.Unidade de Saúde da Família Felipe Camarão - III
7.Unidade de Saúde da família Pompéia	18.Unidade de Saúde da família de Soledade II		30.Unidade de Saúde da Família Guarapes
8.Unidade de Saúde da família Vista Verde	19.Unidade de Saúde da família Pl. das Mangueiras		31.Unidade de Saúde da família Bairro Nordeste
9.Unidade de Saúde da família Pq das Dunas	20.Unidade de Saúde da família Pq dos Coqueiros		32.Unidade de Saúde da Família Km 6
10.Unidade de Saúde da família da África			33.Unidade de Saúde da Família Monte Libano
11.Unidade de Saúde da família da Redinha			34.Unidade de Saúde da Família de Planalto

Essa pesquisa caracteriza-se como exploratória (GIL, 1999), pois visa ampliar o conhecimento relacionado à problemática da saúde e do lazer, mapear ações das Unidades de Saúde da Família e apontar futuras investigações.

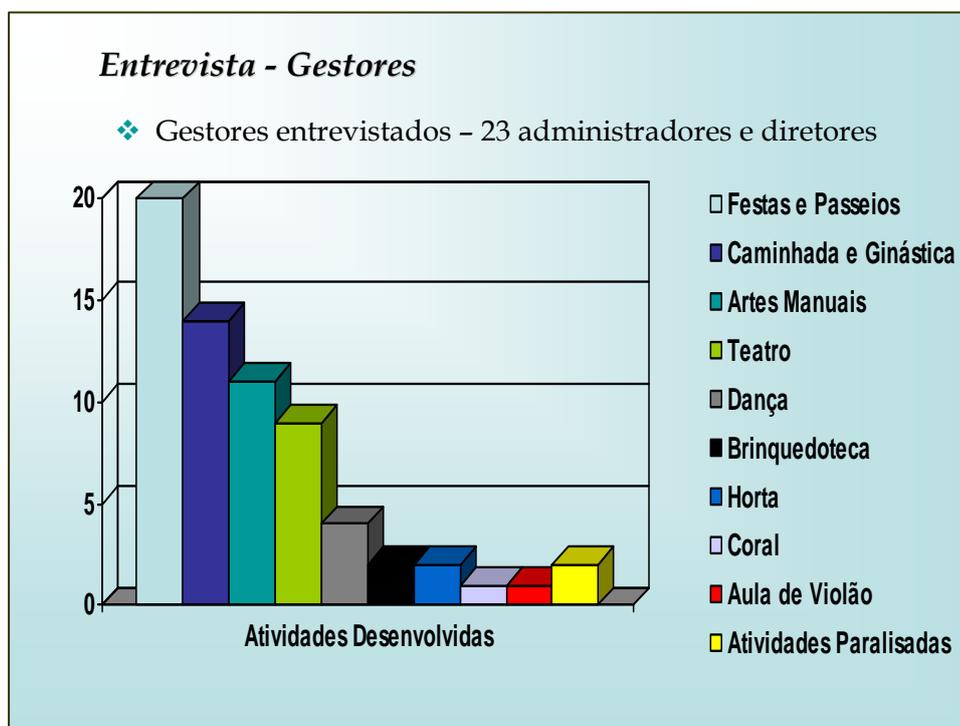
O estudo de campo compreendeu a aplicação de uma entrevista semi-estruturada com os gestores de cada unidade; a observação e os registros das atividades; e a entrevista com usuários que participam ou não das práticas, a fim de captar as suas percepções, seus desejos e necessidades. A sistematização dessas informações possibilitará, ao término da pesquisa, a criação de um banco de dados das atividades desenvolvidas no PSF, bem como oferecerá elementos que contribuam para o planejamento das ações do “Programa Integrado Lazer e Saúde”.

As informações registradas até o momento permitem uma análise parcial dos resultados da pesquisa. Nessa primeira fase, vinte e três Unidades de Saúde da Família (USF) foram

contempladas no estudo, sendo que as outras onze unidades estão em fase de conclusão. Dessa forma, 23 (vinte e três) gestores e 122 (cento e vinte e dois) usuários foram entrevistados. Durante a pesquisa, algumas dificuldades foram encontradas para a coleta de dados, tais como: a mobilização geral dos funcionários contra a dengue e as chuvas, que paralisaram temporariamente algumas atividades; e as dificuldades de entrar em contato com as unidades por meio de números de telefones que não atendem ou estão errados, o que demanda a visita a algumas unidades sem o contato prévio com a instituição.

## PRIMEIROS DADOS

As vinte e três unidades de saúde atendem em conjunto cerca de 4100 usuários diariamente. E cada unidade engloba uma área, que compreende em média 2500 famílias. As entrevistas realizadas com os gestores das USF possibilitaram o levantamento das atividades lúdicas que estão sendo desenvolvidas.



**Figura 1 - Gráfico mostrando as atividades lúdicas desenvolvidas.**

De acordo com as entrevistas com os gestores, apenas uma unidade encontra-se com todas as atividades paralisadas. Na maioria das USF são desenvolvidas festas e passeios, caminhadas e ginásticas, artes manuais e teatro. Outras práticas lúdicas como coral, horta, dança, aula de violão e brinquedoteca aparecem em menor número. É importante ressaltar que em sua maioria estas atividades são destinadas aos grupos de idosos e de hipertensos e diabéticos.

Diante das respostas encontradas, percebemos que as atividades lúdicas não estão somente relacionadas às brincadeiras infantis. O lúdico pode se manifestar também nas festas, nos esportes, nas apresentações teatrais, nas apresentações musicais ou em qualquer espaço onde haja divertimento, alegria e prazer (HUIZINGA, 1990).

Outro ponto destacado pelos gestores está relacionado à necessidade de oferecer outras atividades lúdicas que englobem os demais usuários das unidades. Por outro lado, a principal necessidade apontada pelas respostas emitidas foi à importância da presença de um profissional capacitado para desenvolver tais atividades dentro das unidades de saúde.

Percebemos que os administradores e diretores das USFs reconhecem diversas contribuições das atividades lúdicas para a saúde desses usuários. As principais contribuições apontadas foram:

- Representa uma opção de lazer, uma diversão;
- Ameniza os sintomas e reduz a medicação;
- Combate problemas emocionais;
- Promove o bem-estar, a auto-estima e contribui para o desenvolvimento humano;
- Educa, orienta e desenvolve valores;
- Possibilita a interação e a troca de experiências;
- Melhora a Qualidade de Vida.

Nesse sentido, reconhecemos que os gestores não reconhecem somente os benefícios das atividades lúdicas para a saúde em seus aspectos orgânicos, mas também os aspectos sociais, inclusive a possibilidade de superar o isolamento típico de uma cultura individualista. O que nos faz estabelecer relações com o estudo de Luz (2007), quando a autora identifica a saúde como vitalidade e alegria como realidade e não como utopia, durante um estudo que realizou no Serviço Municipal de Saúde do Rio de Janeiro.

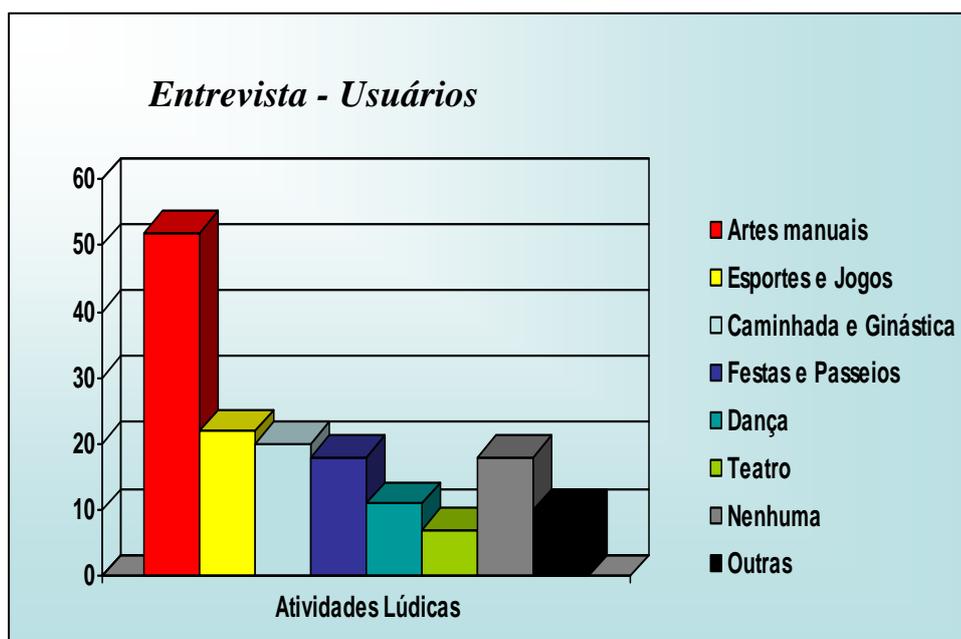
Identificamos ainda nessa pesquisa que dentre os usuários entrevistados, quarenta e quatro não participam atualmente de nenhuma atividade desenvolvida pela unidade de saúde e, apenas 25% destes, afirmaram ter conhecimento de que a USF desenvolve alguma atividade. Entre aqueles que participam das atividades, 75 % dos entrevistados possuem mais de cinquenta anos. Este dado reflete nas atividades desenvolvidas e nos desejos dos usuários. A maioria dos entrevistados afirmou participarem das festas e passeios, das caminhadas e ginásticas e das artes manuais. Alguns usuários participam somente das reuniões dos grupos.

Ao serem questionados quanto à importância destas atividades e ao que sentem ao participar delas, cada usuário respondeu de acordo com suas impressões pessoais o que possibilitou uma riqueza de respostas diferenciadas. Podemos citar algumas: bem-estar, felicidade, alegria, realização, satisfação, prazer, diminui o estresse e a ansiedade, ânimo, disposição, motivação, relaxamento, tranquilidade, alívio, paz, flexibilidade, auto-estima e renovação. Os usuários reconhecem nessas atividades ainda uma distração, um passatempo, diversão e um aprendizado e um lugar de fazer amizades, conversar e de interação.

Dessa forma, as múltiplas potencialidades das atividades lúdicas são reconhecidas e suas contribuições para a melhoria da saúde dos usuários são percebidas pela imensa maioria dos entrevistados (exceto três usuários). As principais melhorias assinaladas durante a entrevista referem-se às boas sensações proporcionadas, à diminuição nas dores e a amenização dos sintomas, à redução do estresse e da ansiedade, ao combate à depressão, à redução ou controle da pressão arterial e à aquisição de flexibilidade e de cuidados com o corpo.

A identificação da percepção dos usuários entrevistados sobre o que sentem ao participar das atividades lúdicas, reforça a importância, dos profissionais que atuam no âmbito da saúde, de se refletir sobre a dimensão afetiva da saúde, haja vista que na sociedade hodierna quantas vezes as pessoas nem se dão conta de quem está ao seu lado, ou na sua frente. A dimensão afetiva da saúde é abordada por Merleau-Ponty (1999), quando ressalta a importância para o doente do estabelecimento de amizade e confiança com o seu médico. Diante dessa relevância, ressaltamos que as atividades lúdicas contribuem para abrir espaços para o estar com o outro.

Essa pesquisa pretende identificar os desejos e as necessidades dos usuários do PSF. Nesse sentido, essa fase inicial possibilitou a identificação dos anseios dos cento e vinte e dois entrevistados. Estes apontaram, principalmente, o desejo de que as unidades de saúde oferecessem práticas lúdicas voltadas para as artes manuais. Novamente é importante ressaltar que a maioria dos entrevistados possui mais de cinquenta anos. Os esportes e jogos, as caminhadas e ginásticas e a dança também aparecem de forma expressiva. Outras atividades lúdicas respondidas foram o coral, a aula de violão, a brinquedoteca e o teatro, como pode ser observado na figura 2.



**Figura 2 - Gráfico mostrando os desejos dos usuários.**

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Diante dessas informações obtidas pode-se realizar um diagnóstico parcial das atividades lúdicas desenvolvidas nas Unidades de Saúde da Família do município de Natal. Constatou-se que a grande parte das unidades desenvolve atividades esporádicas como festas e passeios e que não existe uma preocupação na divulgação. Identificando-se assim a necessidade de uma maior divulgação e ampliação dessas atividades de forma que outros grupos de usuários sejam contemplados e não somente os grupos de idosos. Por outro lado verifica-se que as atividades lúdicas são direcionadas a esse grupo especialmente pelo fato de que são eles os que mais procuram as unidades.

A pesquisa tem possibilitado ainda a identificação das dificuldades encontradas pelos gestores das UFS para promover essas atividades, uma vez que eles contam com um apoio estrutural e institucional reduzido da Secretaria Municipal de Saúde. A verba destinada às unidades não possibilita o desenvolvimento das atividades, sendo que na maioria das vezes os profissionais têm que optar por alternativas como cotas e bazares para conseguir recursos.

Ressalta-se também a importância de escutar os usuários e compreender os seus desejos e necessidades. Percebeu-se uma diversidade nas informações oferecidas pelos usuários, o que demonstra que cada um percebe de forma diferente a atividade e que as contribuições são inúmeras e individuais. Esse aspecto deve ser considerado nos planejamentos das atividades.

Verificou-se ainda que os gestores reconhecem a importância e a necessidade de um profissional capacitado que compreenda as especificidades de cada grupo, planejando as atividades apropriadas e articulando formas para que estas atividades sejam desenvolvidas de forma promissora e que alcancem o objetivo de contribuir com os cuidados com a saúde dos usuários do Sistema Único de Saúde. Justifica-se dessa forma a inserção do profissional de Lazer e Qualidade de Vida no âmbito da saúde, atuando no Programa de Saúde da Família.

A continuidade dessa pesquisa possibilitará a construção de um banco de dados das atividades lúdicas oferecidas para os usuários do PSF, além de oferecer elementos que contribuam para o planejamento das ações do “Programa Integrado Lazer e Saúde”. Essa pesquisa possibilitará ainda o fomento dos estudos em saúde e lazer e a aproximação entre o CEFET-RN, o município e a comunidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Saúde (BR). **Saúde da Família: uma estratégia para a reorganização do modelo assistencial**. Brasília (DF): MS; 1997.
2. FOUCAULT, Michel. **História da sexualidade 1: a vontade de saber**. Tradução de Maria Thereza da Costa Albuquerque e J. Guilhaon Albuquerque. Rio de Janeiro: Graal, 1988.
3. GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
4. HUIZINGA, Johan. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. Campinas, SP: Perspectiva, 1990.
5. LUZ, Madel T. **Novos saberes e práticas em saúde coletiva: estudos sobre racionalidades médicas e atividades corporais**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2007.
6. MENDES, Maria Isabel B. S. **Mens sana in corpore sano: saberes e prática educativas sobre corpo e saúde**. Porto Alegre: Sulina, 2007.
7. MERLEAU-PONTY, Maurice. **Fenomenologia da Percepção**. 2 ed. Tradução de Carlos Alberto Ribeiro de Moura. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

## **SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO: UMA REALIDADE POSSÍVEL**

**Michel Madson Alves Cabral**

Aluno do Curso Subseqüente de Manutenção de Computadores do CEFET – RN. E-mail: michelmadson@hotmail.com.

**Antonio Luiz Pereira de Siqueira Campos**

Doutor em Engenharia Elétrica. Professor do CEFET – RN. Pesquisador do CNPq – Nível 2. E-mail: antonioluiz@cefetrn.br.

---

### **RESUMO**

O presente trabalho apresenta uma introdução à automação residencial e apresenta dois sistemas de baixo custo para serem usados com esse propósito. O primeiro sistema foi implementado para controle liga/desliga de uma bomba d'água para reservatórios. O segundo foi projetado para auxiliar pessoas com necessidades especiais ou para ser usado em auditórios, auxiliando no início e fim das apresentações, ligando e desligando as lâmpadas. Ambos os sistemas são de baixo custo e têm boa funcionalidade. Foi analisado o funcionamento dos dois sistemas, vendo suas principais características.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação residencial, Controle liga/desliga, Baixo custo.

### **LOW COST HOME AUTOMATION SYSTEMS: A POSSIBLE REALITY**

#### **ABSTRACT**

This paper presents an introduction to home automation and two low cost automation systems to be used for that purpose. The first system was implemented to on/off control to switch a water pump to a tank. The second was designed to help people with special needs or to be used in auditoriums, helping at the beginning and the end of the presentations and turn on or turn off the lights. Both systems are low cost and have good functionality. It examined the operation of the two systems, seeing their main features.

**KEY-WORDS:** Home automation, ON/OFF Control, Low Cost.

## SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO: UMA REALIDADE POSSÍVEL

### INTRODUÇÃO

Automação residencial é bastante difundida hoje em dia em todos os países industrializados. Este tipo de automação também é conhecido como domótica e é efetivamente a aplicação das técnicas e ferramentas de automação predial em um cenário doméstico. Neste domínio de aplicação, o custo, ainda muito elevado, é o principal fator que limita a difusão destes sistemas. Além disso, a falta de padronização e uniformização de protocolos de comunicação para os sistemas de automação residencial é, freqüentemente, um problema para os técnicos necessários à concepção e instalação dessas instalações, especialmente quando o sistema tem de ser instalado num edifício pré-existente cujo cabeamento elétrico não é pré-arranjado para suportar esse nível de automação (MAINARDI, 2005).

O termo Domótica é usado para designar residências que empregam serviços automatizados. Tecnicamente falando, uma rede domótica pode ser representada por um conjunto de serviços interligados que realizam diversas funções de gerenciamento e atuação, podendo estar conectados entre si por meio de uma rede de comunicação interna e/ou externa (MARIOTONI, 2002).

Os sistemas de controle domésticos (Home Control System – HCS) estão se tornando cada vez mais comuns e parte integrante de habitações modernas. O controle computadorizado de alarmes, sistemas de climatização e outras aplicações para habitações é uma característica bem vinda para residências. Muitas tecnologias vêm se desenvolvendo dentro do vasto leque de opções que compreende a automação residencial. Algumas já se tornaram mandatárias em todos os tipos de ambientes, como os sistemas para controle de iluminação, presentes em casas, apartamentos e escritórios, além de grandes empresas, teatros, hotéis e hospitais. Seu papel fundamental é proporcionar mais conforto, economia e segurança (KELLY, 1997).

Diversos empreendimentos atualmente vêm sendo viabilizados com tecnologia e uma característica é comum a todos: foram idealizados no momento de pré-construção, em fase anterior ao lançamento imobiliário. O imóvel atual preparado para o futuro, tem, por exemplo, uma rede de eletrodutos especial, visando a distribuição inteligente das mídias (telefones, TV a cabo, satélites, Internet banda larga, entre outras) que chegam aos lares e escritórios, permitindo a total flexibilização da distribuição e a formação das já demandadas redes de computadores residenciais (*Home Network – IN*) e escritórios domésticos (*Home Offices*).

Como qualquer novidade, a Automação Residencial inicialmente é percebida pelo usuário como um símbolo de status e modernidade. No momento seguinte, o conforto e a conveniência por ela proporcionados passam a ser decisivos. É neste sentido que se deseja estimular o desenvolvimento destas idéias e propagá-las no meio acadêmico.

Este artigo demonstra dois sistemas de baixo custo que podem ser empregados em automação residencial, visando facilitar o dia-a-dia de pessoas comuns ou com necessidades especiais, solucionando alguns problemas rotineiros e aparentemente comuns. A primeira aplicação consiste num sistema de automação para controle liga/desliga de um motor elétrico para caixa d'água e foi intencionalmente realizado com o mínimo de custos. O outro sistema é um sistema de controle remoto de luz infra-vermelho, para auxiliar pessoas com necessidades especiais.

## DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS

Nesta seção, serão descritos os dois sistemas de automação residencial implementados, descrevendo-se os circuitos, seu funcionamento e as principais dificuldades encontradas na implementação.

### A. SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA CONTROLE DO TIPO LIGA/DESLIGA DE UM MOTOR ELÉTRICO PARA BOMBEAR ÁGUA PARA UM RESERVATÓRIO

Muitas vezes quando se está em uma casa de praia, ocorre um problema muito comum, que é a escassez total de água, ou ainda, o “sangramento” da caixa, desperdiçando água, um bem cada vez mais escasso. Isso provoca diversos transtornos, tendo, por exemplo, que esperar vários minutos para se tomar um banho, ou não realizar tarefas de higiene, causando o acúmulo de louça ou dejetos em vasos sanitários. Ter um controle do nível de água na caixa d’água seria uma solução bastante plausível, pois além de solucionar os problemas já citados, evitaria o desperdício de água provocado pelo transbordamento na caixa d’água, sem se preocupar com o monitoramento da caixa. É justamente pensando nisso que foi efetuado o sistema de automação para controle liga/desliga de um motor elétrico para caixa d’água, cujo objetivo principal é solucionar parte dos problemas citados proporcionando todas essas soluções. Podendo assim, gerar um maior conforto para quem utilizá-la e com a vantagem de ter um baixo custo, pois o seu sistema é bastante simples de ser implementado. O sistema é ilustrado na Figura 1.

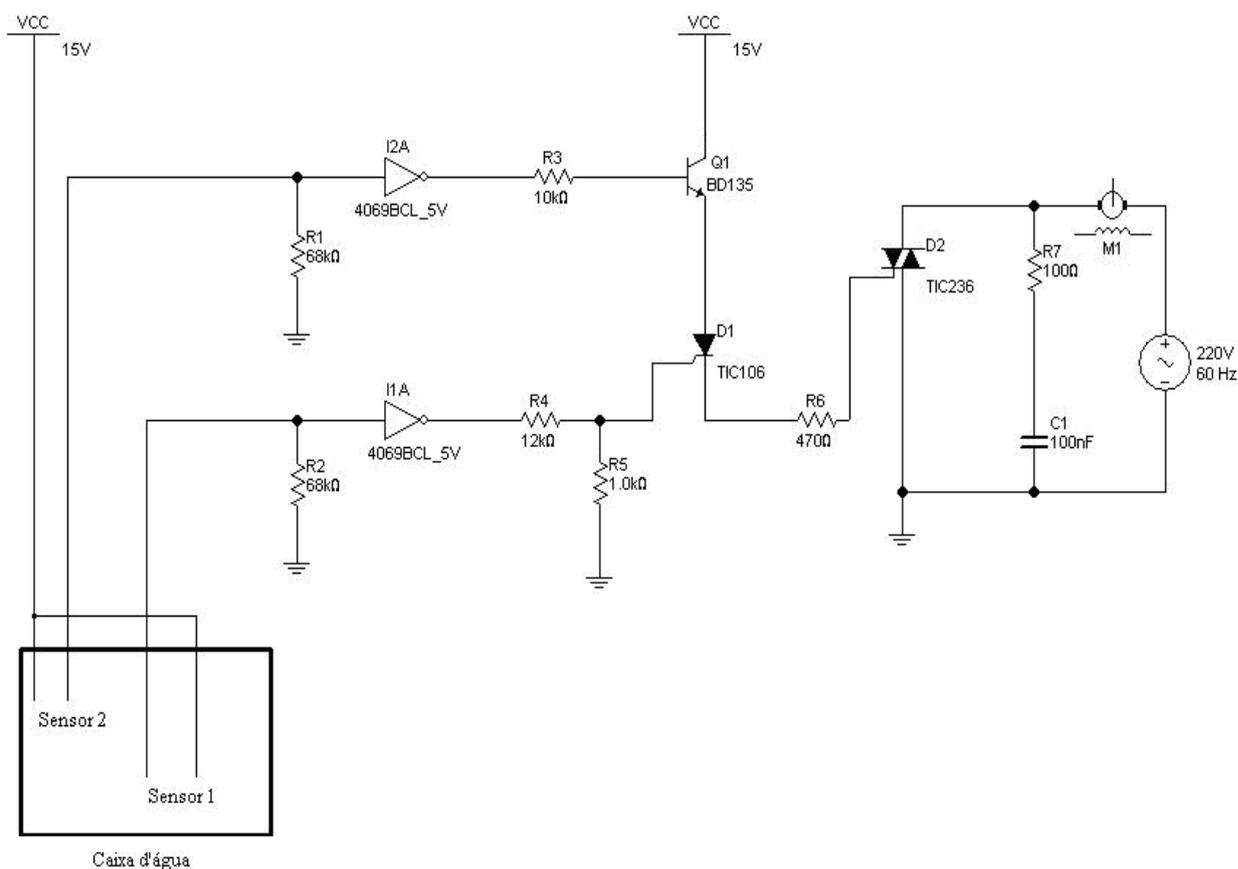


Figura 1 – Sistema implementado.

O sistema é composto por dois pares de fios, com as pontas desencapadas, imersos dentro da caixa d'água que funcionam como sensores resistivos. Quando o nível da água está abaixo do **sensor2** (par de fios mais curtos), a porta inversora **I2** (porta 2) ligada a esses fios, coloca a sua saída em nível lógico alto, gerando uma corrente suficiente para saturar o transistor **Q1** BD135, que funciona como chave eletrônica, operando na região de corte e de saturação (NASHELSKY, 2004). Quando o transistor **Q1** BD135 é ligado, o tiristor **D1** TIC106, que está ligado em série com o transistor, fica diretamente polarizado, esperando apenas um pulso de disparo na sua porta (AHMED, 2000).

Quando o nível de água fica abaixo do **sensor1** (par de fios mais longos), a porta inversora **I1** (porta 1) ligada a esses fios, coloca a sua saída em nível lógico alto, isso irá gerar uma tensão de aproximadamente 5V (TOCCI, 2007), que, ao passar por um divisor de tensão montado por um resistor de 12k $\Omega$  (**R4**) e um de 1k $\Omega$  (**R5**), produzirá uma corrente suficiente para disparar o tiristor **D1** TIC106 (AHMED, 2000). Quando o tiristor **D1** TIC106 é ligado, uma tensão de aproximadamente 12V é aplicada na bobina do **Relé** ligando o motor elétrico, enchendo a caixa d'água.

A partir do momento em que o reservatório começa a ser cheio, o **sensor1** é novamente atingido pela água, fazendo com que a porta **I1** coloque sua saída em nível lógico baixo (TOCCI, 2007). Isso retira o pulso da porta do tiristor **D1**, mas não é suficiente para comutá-lo, pois a corrente de condução do mesmo ainda é maior do que a corrente de comutação, fazendo com que a bomba permaneça ligada (AHMED, 2000). Quando o nível da água se eleva até atingir o **sensor2** a porta inversora **I2** irá colocar em sua saída nível lógico baixo (TOCCI, 2007), fazendo com que o transistor **Q1** entre na região de corte e, conseqüentemente desligue o tiristor **D1**. Ao **D1** ser desligado, o **Relé** fica sem tensão de alimentação na bobina desligando o motor. A Figura 2 ilustra o protótipo montado no laboratório da Uned Zona Norte de Natal.

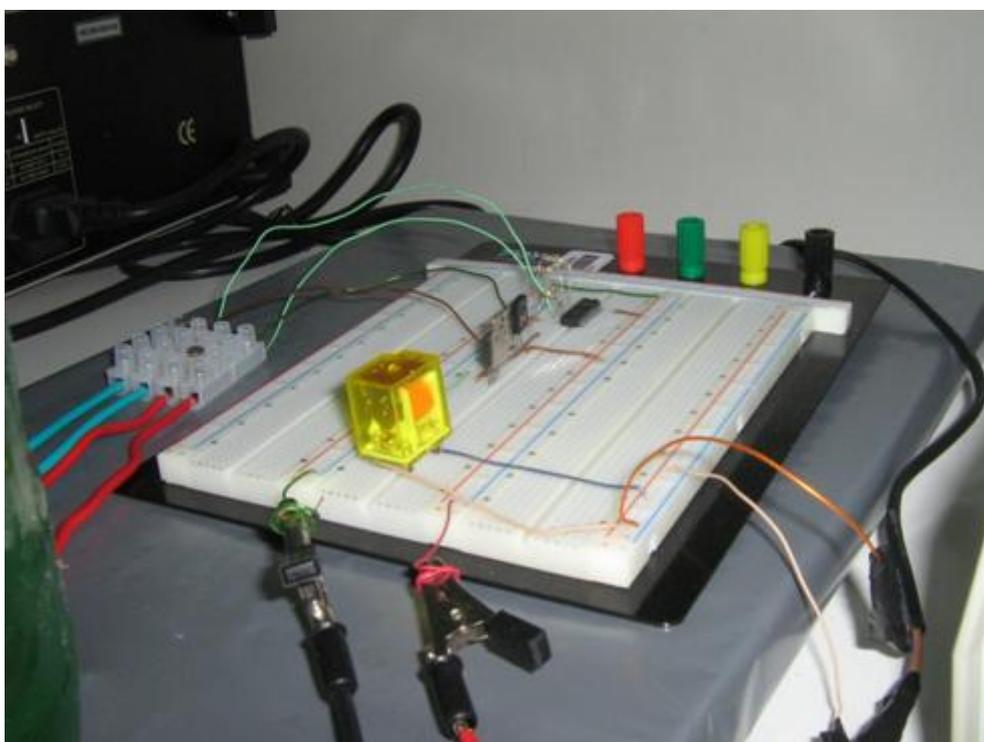
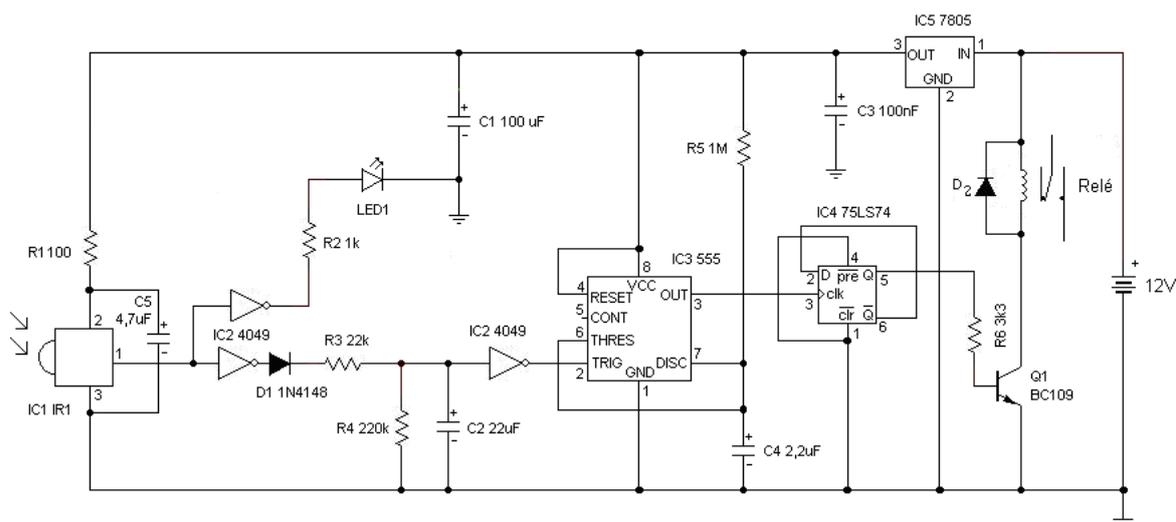


Figura 2 – Sistema montado em *protoboard*.

## B. INTERRUPTOR INFRAVERMELHO

Outro problema bastante comum é ter de ligar e desligar lâmpadas antes de uma apresentação ou aula. Além disso, esse problema pode ser estendido a pessoas com necessidades especiais. O segundo sistema foi desenvolvido exatamente para resolver esse problema, ou seja, ligar e desligar lâmpadas remotamente. O sistema também pode ser modificado para acionar outros dispositivos além de lâmpadas. Assim como o primeiro sistema detalhado anteriormente, esse sistema também é de baixo custo. A Figura 3 ilustra o sistema implementado.



**Figura 3 – Interruptor infravermelho.**

O sistema é acionado por um controle remoto convencional de TV que opere de 36kHz a 38kHz, como os de televisores Philips, por exemplo. O circuito integrado **IC1** é o sensor infravermelho TSOP2236 que fornecerá pulsos em sua saída quando uma tecla do controle remoto for pressionada. O resistor **R1** e o capacitor **C5** são recomendados para suprimir ruídos provenientes da fonte de alimentação.

A porta inversora CMOS do **IC2** 4049, **R2** e o **LED1** servem como indicar visual para mostrar que os pulsos estão sendo recebidos.

O diodo **D1** serve para deixar passar corrente apenas em um sentido. A rede **R3**, **R4** e **C2** formam um filtro passa-baixas, fazendo com que pulsos estreitos sejam aplicados na porta de gatilho do **IC3**, que é um CI 555, montado na configuração monoestável.

Cada rajada de pulsos que são recebidas pelo sensor infravermelho (**IC1**) produz um pulso de disparo no *clock* do 74LS74 (**IC4**) colocando sua saída em nível lógico alto ou baixo, fazendo com que o transistor **Q1** sature ou corte, ligando ou desligando o **Relé**.

Os **IC5** é um regulador de tensão cuja tensão de saída é de 5V. O capacitor **C3** serve para reduzir ruídos de alta frequência provenientes da fonte de alimentação de 12V.

O sistema está em fase final de testes e assim que estiver concluído será implementado em placa de circuito impresso.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentadas algumas soluções de baixo custo para sistemas de automação residencial. Os sistemas se mostraram simples e de baixo custo. Teve-se o cuidado de se escolher componentes fáceis de serem achados no mercado local, escasso em lojas boas de componentes eletrônicos. Os sistemas podem ser utilizados por pessoas leigas na área de eletrônica e são de fácil manutenção.

O projeto de controle liga/desliga de bomba d'água foi apresentado na Expotec da Uned ZN e ganhou o prêmio de melhor trabalho. O público demonstrou grande interesse em adquirir esse projeto. Esse interesse aliado ao baixo custo torna o projeto bastante viável para fins comerciais.

O interruptor eletrônico pode ser bastante útil para pessoas com necessidades especiais e para auditórios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHMED, A., **Eletrônica de Potência**, Prentice Hall do Brasil, 2000.
2. KELLY, G, Home Automation: Past, Present & Future, Electronics Australia, Fevereiro, 1997.
3. MAINARDI, E., BANZI, S., BONFIÈ, M. e BEGHELLI, S., A low-cost Home Automation System based on Power-Line Communication Links, 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2005 - September 11-14, 2005, Ferrara, Itália.
4. MARIOTONI, C. A. e ANDRADE Jr., E. P., Descrição de Sistemas de Automação Predial Baseados em Protocolos PLC Utilizados em Edifícios de Pequeno Porte e Residências, Revista de Automação e Tecnologia de Informação. Volume 1, número 1, 2002.
5. NASHELSKY, L. e BOYLESTAD, R. L. ATTIA, Y. A. I. e KITCHENER, J. A. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. Prentice Hall do Brasil, 2004.
6. TOCCI, R. J., WIDMER, N. S. e MOSS, G. Y L., **Sistemas Digitais - Princípios e Aplicações**, Prentice Hall do Brasil, 2007.

## **INFLUÊNCIA DA CARCINICULTURA SOBRE A SALINIZAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DO MUNICÍPIO DE GUAMARÉ/RN.**

### **Douglisnilson de Moraes Ferreira**

Pesquisador do CEFET/RN, Bacharel em Química – UFRN, vinculado ao grupo de pesquisa em Análise de Águas do CEFET/RN. CEFET/RN, Av. Senador Salgado Filho, 1559, Tirol – Natal/RN, (84) 4005-2710, [douglisnilson@cefetrn.br](mailto:douglisnilson@cefetrn.br).

### **Jailson Vieira de Melo**

Professor Adjunto da UFRN, Doutor em Química – UFPE. UFRN, Av. Senador Salgado Filho, S/N, Lagoa Nova – Natal/RN, (84) 3215-3825, [javiebrasil21@gmail.com](mailto:javiebrasil21@gmail.com).

### **Leão Xavier da Costa Neto**

Professor Adjunto do CEFET/RN, Doutorando em geologia – UFRN, vinculado ao grupo de pesquisa em Análise de Águas do CEFET/RN. CEFET/RN, Av. Senador Salgado Filho, 1559, Tirol – Natal/RN, (84) 4005-2710, [douglisnilson@cefetrn.br](mailto:douglisnilson@cefetrn.br).

---

## **RESUMO**

O município de Guamaré está localizado no litoral norte do Rio Grande do Norte, na microrregião de Macau, com uma área territorial de 259 km<sup>2</sup> e população de aproximadamente 9700 habitantes (IBGE, 2006). Apresenta acentuada instabilidade morfológica ocasionada, principalmente, pela influência de atividades antrópicas como a carcinicultura e salinidade. Essas atividades vêm gerando hipersalinidade residual do solo e da água, fator pelo qual, atualmente, praticamente toda a água dos mananciais da cidade está imprópria para o consumo humano. Vale ressaltar que, essa água, durante muitas décadas, era utilizada pelos moradores da região para a agricultura, pecuária, consumo humano e áreas afins. Além disso, algumas das áreas do município, antes utilizadas em atividades agrícolas, vêm se tornando desertas com elevada mortalidade de árvores de grande porte. A região em estudo tem características de estuário, porém com pequena influência de água doce durante o período chuvoso. Em 2007 foram iniciados estudos para avaliação dos índices de sais existentes nos mananciais da região. Foram selecionados 18 pontos de amostragem coletados de poços, cacimbas, rio (Miassaba), salina e viveiro de camarão e as análises foram executadas pelo Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes do CEFET/RN.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água, salinidade, carcinicultura, análises, meio-ambiente.

## **INFLUÊNCIA DA CARCINICULTURA SOBRE A SALINIZAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DO MUNICÍPIO DE GUAMARÉ/RN.**

### **INTRODUÇÃO:**

A água é um recurso natural que compõe o patrimônio ambiental que deve ser protegido, tendo em vista seu uso coletivo (DUARTE, 1999 *apud* VIEIRA, 1994). O mau uso das águas, bem como o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas, falta de saneamento básico e a salinização do lençol freático, vem acarretando a degradação dos recursos hídricos disponíveis e a sua escassez.

A carcinicultura, atividade que visa a criação racional de camarões em cativeiro, é uma das atividades de grandes impactos ambientais, sendo alvo de estudos e discussões entre empresários e ambientalistas. Seu desenvolvimento tem se intensificado, principalmente no nordeste brasileiro, em função da alta rentabilidade econômica, produtividade elevada e adaptação fácil. A região Nordeste é responsável por 94% da produção nacional, tendo o RN como um dos principais estados produtores.

Ao atingir o meio ambiente, a carcinicultura ameaça a fonte de sobrevivência e a cultura de milhares de pessoas que habitam tradicionalmente as regiões de mangue, em especial, pescadores e pequenos agricultores.

O crescimento da carcinicultura no Nordeste, a par dos índices econômicos divulgados pelos produtores, vem sendo associado à destruição de um dos ecossistemas mais complexos do planeta, o manguezal, além de atingir mata ciliar e carnaubais e causar danos cumulativos às bacias hidrográficas onde se inserem.

De acordo com o IBAMA/RN, o RN possui mais de 10.000 hectares de viveiros de camarão em todo o Estado, tendo a cidade de Guamaré como uma das grandes produtoras de camarão. A *L. vannamei* é a espécie cultivada nacionalmente, devido à sua fácil adaptação a águas doces a salinas.

A necessidade de realizar este estudo surgiu pela observação feita na área em que se desenvolve a atividade salineira e da carcinicultura no município, diagnosticando, a partir da entrada da cidade, uma grande extensão de terra em que plantas nativas estão morrendo. Outra situação perceptível nesta área é o aumento da salinidade residual da água, aumentando a degradação do meio ambiente.

Esta situação pode ser observada em regiões próximas de viveiros. Segundo moradores da região, a mortandade da vegetação e a hipersalinidade foram observadas após a implantação desses viveiros (Fig. 01).



**Figura 01 – Imagem atual da vegetação local do município de Guamaré/RN nas proximidades dos viveiros de camarão.**

Pensando nesta problemática, este trabalho foi elaborado visando um aprofundamento no estudo da salinidade local e sua relação com as mudanças ocorridas na vegetação nativa da região próxima aos viveiros, buscando alternativas mitigadoras para conter o avanço dessa contaminação, bem como soluções para a reutilização e reaproveitamento dos recursos hídricos locais.

## **A ÁGUA NA NATUREZA E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**

A água é um recurso natural renovável indispensável à sobrevivência humana, ao desenvolvimento tecnológico, social e econômico de uma nação. Sua história sobre o planeta terra, sua qualidade e quantidade disponível para uso está relacionada diretamente ao crescimento populacional, desenvolvimento urbanístico e às diversas áreas de atuação (abastecimento público, agricultura, aquicultura, indústrias, etc.).

Na natureza, ela é encontrada principalmente no estado líquido e cobre aproximadamente 70% da superfície do planeta. Do total de água doce existente apenas 0,147% encontra-se disponível na forma líquida para exploração econômica e tecnológica, sendo que desse total 70% é destinada à agricultura, 22% à indústria e 8% ao consumo humano. (MACÊDO, 2005 *apud* RAINHO, 1999; GALETI, 1983).

Atualmente existem inúmeros problemas de impactos ambientais causados pelas diversas atividades humanas que altera a qualidade da água e seu ciclo hidrológico, gerando sua escassez e aumento no custo. A eutrofização, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e a perda da diversidade biológica são conseqüências destas práticas humanas.

Uma das atividades em constante crescimento no nordeste brasileiro, causadora de inúmeros impactos ambientais é a carcinicultura, que visa a criação racional de camarões em cativeiro. De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC, o nordeste é responsável por 94% de todo o camarão produzido no Brasil. Entre os maiores produtores estão o Rio Grande do Norte e a Bahia, seguido do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Piauí.

Seu desenvolvimento no Brasil, em especial no Nordeste, é resultado de uma demanda crescente do mercado internacional por camarão cultivado bem como da facilidade de adaptação da espécie *L. vannamei* a águas desde doce até salinidades mais elevadas. Por outro lado, o crescimento desta atividade, a par dos índices econômicos divulgados pelos produtores, vem sendo associado à destruição de um dos ecossistemas mais complexos do planeta, o manguezal, além de atingir mata ciliar e carnaubais e causar danos cumulativos às bacias hidrográficas onde se inserem.

A Resolução CONAMA n.º 312/2002, destaca alguns possíveis impactos que podem ser causados pela implantação de fazendas de camarão, tais como, a degradação do ecossistema e da paisagem, perda da cobertura vegetal, redução da capacidade assimilativa de impactos futuros, redução de áreas propícias à presença de espécies em extinção, alteração da função de filtro biológico, alterações físico-químicas e biológicas de corpos receptores de efluentes, impactos sobre o aquífero e conseqüente aumento da cunha salina (hipersalinidade).

A carcinicultura, como as demais atividades produtivas, provoca alterações no meio ambiente. São inúmeros os impactos ambientais causados, desde contaminação dos recursos hídricos naturais, através do lançamento de matéria orgânica produzida ao longo de todo o processo de despesca, destruição de manguezais e vegetação nativa e, no caso em questão, a salinização do solo e, conseqüentemente da água nas áreas próximas às fazendas de camarão.

A salinização afeta diretamente os constituintes naturais do solo e da água. Na água o aumento do teor de sais dissolvidos pode causar restrições nas atividades agrícolas, podendo torná-la imprópria nas condições de condutividade elétrica acima de 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (COSTA, 2001 *apud* FRENKEL, 1984 e PIZARRO, 1985). Para o consumo humano o teor de sais dissolvidos (TDS) deve ser inferior a 1000 mg/L e a concentração de cloretos máxima deve ser 250 mg/L (Portaria 518/2004).

Em relação ao solo a salinização além de prejudicar as atividades agrícolas, pode causar a degradação do ecossistema e da paisagem e diminuição da cobertura vegetal. Essa degradação ocasiona a desertificação da área atingida, decorrente da mortalidade de vegetações rasteiras e espécies arbóreas típicas da região (coqueiros, cajueiros, mangueiras, etc.).

Araújo (2007) destaca, em pesquisas desenvolvidas no estuário do rio Acaraú – CE, que implantação de empreendimentos de carcinicultura ao mesmo tempo em que aumenta a economia interna e gera produção de empregos, causa, dentre outros fatores, o desmatamento do manguezal, do apicum e salgado. Costa (2001) apresenta um diagnóstico da influência da salinização do solo nos processos agrícolas na região de Afonso Bezerra/RN.

Partindo dos pontos acima mencionados, surgiu a necessidade de desenvolver a pesquisa no município de Guamaré visando diagnosticar as possíveis causas da salinização do solo e lençol freático da região próxima aos viveiros de camarão, bem como fazer um paralelo da atual situação vegetativa da região com a observada há alguns anos atrás, antes do início da atividade em questão.

## **DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO:**

O município de Guamaré/RN, localizado no litoral norte do RN, microrregião de Macau será o objeto de estudo da pesquisa.

Inicialmente foram selecionados 18 pontos de amostragens como poços artesanais, cacimbas, rio (Miassaba, fig. 02), salina e viveiros de camarão (fig. 03). A figura 04 apresenta o mapa descritivo com a localização georeferenciada dos pontos selecionados para a execução da pesquisa.



**Figura 02 – Imagem do Rio Miassaba - Guamaré/RN.**



**Figura 03 – Imagem dos viveiros de camarão em atividades no município de Guamaré/RN.**



**Figura 04: Localização dos pontos de coleta monitorados – Guamaré/RN.**

Os 18 pontos selecionados são, respectivamente: Ponte (Guamaré), Rio Mlissaba, Canto (Rio), Poço (João Batista), Poço (C. Pedro), CAC (Justino), Viveiro, Cacimba (Padre), Lagoa (J. Antônio), Cacimba (Gado), Lagoa (Sr. Cecílio), Salina, Poço (Sr. José Pequeno), Poço (Pirrita), Poço (Sr. Bil), Cacimba (Sr. Bil), Cacimba (Galego), Cacimba (Dunas).

#### **METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISES:**

Os procedimentos de coleta, preservação e armazenamento das amostras de águas adotados são baseados nas recomendações do *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). O período de amostragem foi de outubro de 2007 a Janeiro de 2008, sendo realizadas duas campanhas de coleta.

As análises foram realizadas pelo Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes do CEFET/RN.

Os parâmetros selecionados para as análises de águas do objeto de estudo em questão foram condutividade elétrica, salinidade, pH e cloretos. As metodologias de análises de águas empregadas são baseadas no *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

#### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A tabela 01 apresenta um resumo descritivo das concentrações médias dos parâmetros analisados.

**Tabela 01: Resultados das análises obtidos nas coletas de água no município de Guamaré - Outubro/2007 e Janeiro/2008.**

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS ANALISADOS (1ª e 2ª coletas)							
	Condutividade Elétrica (ms/cm)		Salinidade (g/L)		pH		Cloretos (g/L)	
01 - Ponte (Guamaré)	54,1	61,2	34,9	37,6	8,21	7,97	21,05	24,57
02 - Rio Miassaba	X	69,99	X	42,5	X	7,64	X	27,42
03 - Canto (Rio)	61,2	75,4	40,8	46,7	7,97	7,28	27,75	29,49
04 - Poço (J. Batista)	4,4	7,48	2,4	3,7	8,27	7,55	1,44	2,22
05 - Poço (C. Pedro)	9,30	11,68	5,1	5,9	8,00	7,70	3,35	3,59
06 - CAC (Justino)	X	6,89	X	3,4	X	7,73	X	2,02
07 - Viveiro	82,10	90,75	56,4	58,1	8,37	8,03	28,31	38,28
08 - Cacimba (Padre)	0,16	0,21	0,1	0,1	7,06	6,94	0,058	0,023
09 - Lagoa (J. Antônio)	X	183,46	X	99,1	X	7,67	X	93,12
10 - Cacimba (Gado)	35,90	49,06	22,5	29,3	9,05	7,13	16,11	16,76
11 - Lagoa (Sr. Cecílio)	14,40	30,13	8,30	17,5	9,54	6,92	5,61	9,83
12 - Salina	172,00	183,89	94,6	101,1	7,21	7,54	57,33	102,28
13 - Poço (Sr. José Pequeno)	3,63	3,73	1,80	1,8	8,33	7,80	1,51	1,08
14 - Poço (Pirrita)	16,65	23,45	9,7	13,1	8,40	7,19	6,66	7,76
15 - Poço (Sr. Bil)	73,00	90,06	48,2	59,0	8,40	8,19	28,08	38,28
16 - Cacimba (Sr. Bil)	18,85	22,92	10,9	12,7	8,36	7,13	6,50	7,03
17 - Cacimba (Galego)	6,80	20,80	3,1	11,0	8,96	7,61	2,83	6,21
18 - Cacimba (Dunas)	X	0,36	X	0,2	X	6,66	X	0,041

Os valores de condutividade variaram de 0,16 g/L (Cacimba do padre) até aproximadamente 184 g/L (Lagoa J. Antonio, salina); os valores de salinidade variaram desde 0,10 ppt até 101,1 ppt. O potencial hidrogeniônico (pH) apresentou variação entre 6,66 e 9,54 e os teores de cloreto variaram de 0,023 g/L a 102,28 g/L.

## CONCLUSÕES:

A partir da interpretação dos resultados obtidos pode-se concluir que, apesar de ser considerado como estuário, o canal de maré que compõe o Rio Miassaba se comporta como um estuário invertido, onde a salinidade cresce com o aumento da distância em relação ao mar. Estes resultados podem ser verificados na seqüência dos pontos 01, 02 e 03. Os pontos 08 e 18 ambos localizados distantes dos viveiros e no alto de dunas foram os únicos em que se encontrou água potável. Em torno do ponto 09 observou-se a mortandade de toda vegetação, porém, este local foi utilizado para retirada de areia para construção, restando ali uma lagoa no mesmo nível do mar e com elevada salinidade como pode ser visto nos resultados. Comparando-se os pontos 13 e 15 pode-se observar que o primeiro, com menor índice de salinidade, está separado pelo viveiro por uma vala de drenagem

profunda que evita o avanço da salinidade, enquanto que o segundo se encontra próximo ao viveiro sem esta separação. Os pontos 04, 05 e 06 mostram que quanto mais próximo ao viveiro maior o teor de salinidade. Vale salientar que a água do ponto 05 foi usada durante décadas como potável, principalmente para animais. O aumento da salinidade do solo em torno do ponto 07 o tornou impróprio para agricultura, causando a morte de todas as árvores, nativas e agricultáveis, como coqueiros, cajueiros, quixabeiras e outras, todas com mais de três décadas de idade. Neste local, a única vegetação que ainda cresce é algum tipo de arbusto típico de ambiente muito salino.

## **BIBLIOGRAFIA:**

ABCC. **Histórico da carcinicultura no Brasil.** <http://www.abccam.com.br>>. Acesso em: 12 de fev. 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20<sup>th</sup> ed., Washington. APHA, 1998.

ARAÚJO, M.V. **Análise dos impactos ambientais causados em estuários: estudo do estuário do rio Acaraú, Ceará – Brasil.** . <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 13 de fev. 2008.

BRAGA, Benedito *et all.* **Introdução à engenharia ambiental.** 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson prentice hall. 2005. 318p.

COSTA, D. M. A. **Caracterização Físico-Química de Solos da Bacia do Rio Cabugi no Município de Afonso Bezerra-RN.** 2001. 138 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Ciências Exatas e da Terra – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

DUARTE, M. A. C. **Utilização dos índices do estado trófico (IET) e de qualidade da água (IQA) na caracterização limnológica e sanitária das lagoas de Bonfim, Extremoz e Jiqui – RN.** 1999. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências e Tecnologia – Campus II, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1999.

IBGE. **Dados estatísticos do município de Guamaré/RN.** <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 de jan. 2008.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas e águas** 3 ed. CRQ. Belo Horizonte – MG. 2004. 977p.  
MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N°. 312, de 10 de outubro de 2002.**

MMA/BID. **PNRH: Síntese executiva.** Brasília, 2006. 1 CD-ROM. BASES de dados em recursos hídricos. Brasília: MMA/BID, 2006. 1 CD-ROM.

Portaria N°. 518, de 25 de março de 2004.  
<<http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2004/518>>. Acesso em: 13 fev. 2008.

ROCHA, J. C. *et all.* **Introdução à química ambiental.** Porto alegre: Bookman. 2004.

SILVA, Fábio César da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

TUCCI, C. E. M *et al.* **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025**. São Paulo. 2000. 145p.

TUNDISI, José Galizia. **Água no Século XXI: Enfrentando a escassez**. São Paulo: Rima, 2003.

## **AUTOMATIZAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE SOLDAGEM TIG**

Aluno 4º ano do Curso Técnico Integrado de Eletrotécnica  
E-mail: [junior\\_dm\\_rn@yahoo.com.br](mailto:junior_dm_rn@yahoo.com.br)

João Lucas Macena de Farias  
Aluno 4º ano do Curso Técnico Integrado de Eletrotécnica  
E-mail: [joaolucasfarias@hotmail.com](mailto:joaolucasfarias@hotmail.com)

José Ronaldo de Souza Filho  
Aluno 4º ano do Curso Técnico Integrado de Eletrotécnica  
E-mail: [joseronaldo\\_cela1201@hotmail.com](mailto:joseronaldo_cela1201@hotmail.com)

José Henrique de Souza  
Núcleo de Desenvolvimento em Mecatrônica  
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
E-mail: [ricky@cefetrn.br](mailto:ricky@cefetrn.br)

---

### **RESUMO**

Este trabalho trata da concepção de uma estação de soldagem automatizada cujo objetivo é aumentar a precisão de trabalhos relacionados com solda e corte de chapas de metais. O projeto consta da construção de uma estrutura que além de facilitar a confecção de peças reduz o risco de acidentes uma vez que reduz o contato do operador e o bico de chama da solda a níveis mínimos, apenas a troca da chapa utilizada. A estação pode auxiliar estudantes em fase de aprendizado, ou realizando produção acadêmica, operários e indústrias no que diz respeito à produção em escala de peças.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação Industrial, Processos Industriais, Solda TIG

### **AUTOMATION OF WELD STATION**

#### **SUMMARY:**

This paper is concerned with the construction of a automation welding station that plans increase the precision of works related with weld and cut of metal plates. The project consists of the construction of a structure that beyond facilitating the confection of parts reduces the risk of accidents, a time that reduces the contact of the operator with the peak of flame of the weld, to minimums levels the operator only need to exchange the used plate. The station can assistant students in learning phase, or carrying through production academic, laborers and industries in what the production of parts says respect on a scale.

**KEY-WORDS:** Industrial Automation, Industrial Processes, TIG Weld

## **AUTOMATIZAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE SOLDAGEM TIG**

### **1. INTRODUÇÃO**

Há muito tempo, o homem tem procurado tecnologias que facilite o seu trabalho de forma geral. Uma máquina de solda é a resposta que encontraram para facilitar o corte de uma peça metálica diminuindo o risco de erros e acidentes. Mas ainda existe a necessidade de se encontrar tecnologias que facilitem ainda mais a vida do trabalho nesta máquina e, ao mesmo tempo, diminuam os riscos em acidentes.

Sabendo que o ambiente da solda é altamente agressivo, pesquisadores na área da soldagem buscam aprimoramentos de processos visando afastar o soldador do ambiente da solda. Evitando com que o soldador fique exposto aos efeitos nocivos à saúde e a necessidade de aumentar a produtividade, ou seja, a quantidade de material depositado por um tempo previsto. É cada vez maior à automatização dos processos de soldagem (TREMONTI, 1999).

A diferença entre a soldagem automatizada e a manual é apenas o caminho longo existente entre ambas. A automação pode facilitar na fabricação como em outros benefícios já citados, porém à medida que se pensa numa automação, a complexidade e o custo deste varia exponencialmente. Principalmente quando se transfere a função do soldador para um sistema controlado (DIAS & d'SOUZA, 2007).

### **2. SOLDAGEM AUTOMATIZADA**

Automação de sistemas e a robótica são duas áreas da ciência e da tecnologia intimamente relacionadas. Num contexto industrial, pode-se definir a automação como a tecnologia que se ocupa da utilização de sistemas mecânicos, eletro-eletrônicos e computacionais na operação e controle da produção. Portanto, a robótica é uma forma de automação de sistemas (PAZOS, 2002).

Para que se pense na automação como uma ferramenta a serviço do processo de soldagem, é preciso antes que se visualize o conjunto de operações envolvidas no processo: das funções que exigem completa interferência do operador até aquelas que se resumem a uma simples monitoração à distância (DIAS & d'SOUZA, 2007).

A soldagem é basicamente uma parte de um sistema automatizado de soldagem, mas é considerado separadamente, já que todas as novas tecnologias acessíveis, os robôs são um dos tópicos que requerem tratamento especial, principalmente quando entra no quadro “custo de produção” (TREMONTI, 1999).

A utilização de robôs na soldagem teve início na década de 60, na indústria automobilística, dirigindo-se inicialmente à soldagem por resistência. (ROSÁRIO,2005). Porém, atualmente a ênfase principal está no desenvolvimento de robôs de solda MIG. Recentemente foi desenvolvido o sistema de soldagem TIG em robôs para sistemas industriais que soldam com a tocha e a alimentação de arame juntos, no cordão de solda.

### 3. ESTAÇÃO DE SOLDA

No Departamento de Industria (DATIN) do CEFET-RN o processo de soldagem se dá através de um veículo chamado tartaruga que conduz um bico de chama para a posição desejada, este veículo além de não ser preciso expõe o operador a acidentes uma vez que seu controle é realizado junto à tartaruga. O objetivo do projeto é a construção de uma estação que reduza acidentes e otimize o processo de corte e soldagem de peças em metal e que seja operada remotamente através de uma programação prévia.

#### 3.1. Estrutura

A máquina será composta pela mesa de solda, onde é colocado o material a ser cortado ou soldado, e uma estrutura móvel, onde se encontram as torres, que são a sustentação da estação e responsáveis pelos movimentos relacionados ao eixo X, o movimento destas se dá através de um trilho junto da base das mesmas, nas torres estão presentes ainda os motores que são responsáveis pelo movimento da estrutura que move o bico da chama no eixo Z, as torres são movidas por motores de passo localizados na base das mesmas. Já os movimentos do eixo Y são realizados por um motor localizado na parte central do eixo Z cujo movimento é direcionado por meio de um “parafuso sem fim” (Figura 1).

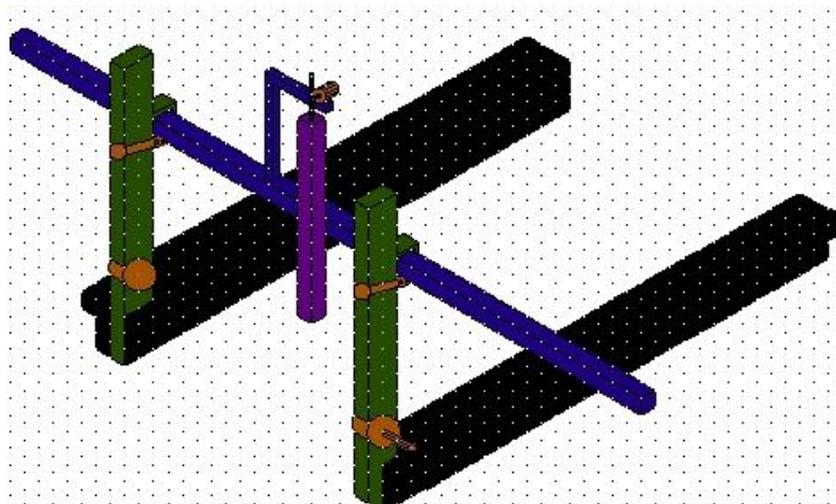


Figura 1 – Estrutura proposta para a estação de soldagem.

#### 3.2. Programa

O sistema de programação dos movimentos se dá de forma bem simples, os movimentos são enviados à placa de circuito via porta paralela, para movimentação dos motores que movimentam a estrutura. O retorno das informações é dado por uma rede de sensores dispostos nos trajetos de movimentação da estação, identificando assim com máxima precisão, a localização da estrutura antes do início do movimento, o operador então pode realizar a atividade que após a realização do trabalho pode-se escolher entre realizar um novo movimento ou conduzir a estação para a posição inicial e finalizar o trabalho. Sempre que um trabalho seja realizado a estação será reconduzida ao ponto inicial o que possibilita uma melhor localização de movimentos.

### 3.3. Circuitos

Os circuitos eletrônicos terão a finalidade de controlar os motores responsáveis por todos os movimentos da máquina. Sensores serão ligados a fim de identificar e monitorar a posição do braço e o deslocamento do próprio, e será feito um circuito que estabelecerá uma posição inicial e permitirá que toda vez que desligar a máquina ou a comunicação computador-máquina for interrompida, a própria máquina volte à posição de início.

A alimentação desses circuitos será através de uma fonte alimentada pela rede elétrica (220 V) ou 12 V<sub>DC</sub> e saídas com as devidas tensões que serão usadas nos circuitos, o que permitirá uma maior mobilidade da máquina com relação à alimentação. Toda a parte eletrônica desta máquina será feita por módulos, facilitando, assim, a manutenção e a possível troca de algum circuito do equipamento.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estrutura mecânica proposta está sendo submetido à análise estrutural e de esforços para assim poder-se iniciar a fabricação de suas peças e do robô propriamente dito. Os cálculos preliminares apresentaram uma boa concordância com os existentes na literatura. Como consequência da insalubridade do local de trabalho do robô e das altas temperaturas envolvidas no processo de soldagem será de extrema utilidade fazer-se um tratamento térmico na estrutura metálica do mesmo para que sua vida útil seja prolongada e possa operar adequadamente.

O ambiente de programação da estação está sendo desenvolvido em linguagem C e as simulações apresentam resultados bastante favoráveis e a interface de comunicação com o módulo de controle eletrônico ratifica esse otimismo.

A simulação eletrônica dos circuitos propostos mostra-se promissora e o sistema de sensoriamento ainda não foi testado, pois se pretende fazê-lo quando o robô estiver montado para assim construir um dispositivo definitivo e mais confiável.

Para a introdução dessa tecnologia, a empresa deve estar preparada para as mudanças exigidas, tanto em nível técnico quanto organizacional. Um planejamento detalhado prevendo o processo de inserção da automação ou de robôs no processo de soldagem deve ser feito passo a passo: desde um começo incluindo previsão de investimentos e aquisição de equipamentos, treinamento do operador (caso precise) passando pelos avanços, que pressuponham as limitações reais da empresa e a superação das dificuldades. Necessita-se de conhecimento técnico para uma escolha certa do equipamento a ser utilizado e pleno domínio do processo produtivo a ser automatizado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DIAS, D.C.A. e d'SOUZA, J.H. – Manipulador Cartesiano para uma Estação de Soldagem TIG. IV Congic CEFET/RN. Natal, 2007.

2. PAZOS, F. - Automação de Sistemas e Robótica. Rio de Janeiro. Axcel Books do Brasil, 2002.
3. ROSÁRIO, J. M. - Princípios da Mecatrônica. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
4. TREMONTI, M. A. - Requisitos Organizacionais à Introdução da Robótica: O Caso do Processo de Soldagem a Arco Elétrico Sob Proteção Gasosa. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da USP, Área de concentração – Engenharia de Produção. 1999.

**MODELO INTEGRADO DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A  
IMPLEMENTAÇÃO NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA: UM  
ESTUDO DE CASO**

**Rafael Fonsêca da Costa**

Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do CEFET-RN

Bolsista do CNPq/PIBITI e FUCERN

[rafaelfonsecadacosta@hotmail.com](mailto:rafaelfonsecadacosta@hotmail.com)

**Valdenildo Pedro da Silva**

Professor do Departamento de Recursos Naturais do CEFET-RN

[valdenildo@cefetrn.br](mailto:valdenildo@cefetrn.br)

---

**RESUMO**

O presente trabalho tem por finalidade apresentar um modelo integrado de gestão da qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacional para a indústria de cerâmica vermelha, de pequeno porte, por meio de um estudo de caso na empresa Nossa Senhora das Vitórias. Essa empresa é especializada na fabricação de telhas e está localizada na região semi-árida do Rio Grande do Norte, no município de Carnaúba dos Dantas. A indústria de cerâmica vermelha tem se expandido nessa região sem desenvolver procedimentos gerenciais que levem a um bom desempenho ambiental; portanto, não tem conseguido otimizar formas de gerenciamento ambiental que contribuam para que seja considerada como uma empresa sustentável nessa região. O processo produtivo, dessa indústria, é caracterizado basicamente pela utilização da argila, como matéria-prima, e da lenha, como insumo energético. Em consequência do exposto, a problemática dessa pesquisa esteve norteada pela seguinte questão: qual modelo integrado de gestão pode ser elaborado para a implementação na indústria de cerâmica vermelha, com ênfase na atuação produtiva? A metodologia, desse trabalho, foi baseada em referenciais teóricos sobre desenvolvimento sustentável, gestão ambiental, desempenho ambiental e modelo integrado de gestão, e nos requisitos contidos na NBR ISO 9001:2000, NBR ISO 14001:2004, OHSAS 18001:1999. O modelo integrado de gestão, elaborado a partir do estudo de caso na empresa N.S.<sup>a</sup> das Vitórias, constitui-se na integração dos requisitos da gestão da qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacional. Espera-se que com a implementação de um modelo como esse se otimize o gerenciamento da empresa, o seu desempenho ambiental, a saúde e segurança ocupacional do seu trabalhador e, por conseguinte, a otimização geral.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelo integrado de gestão, indústria de cerâmica vermelha, desempenho ambiental.

## **INTEGRATED MODEL OF AMBIENT MANAGEMENT FOR THE IMPLEMENTATION IN THE RED CERAMICS INDUSTRY: A CASE STUDY**

### **ABSTRACT**

The present work has for purpose to present an integrated model of management of the quality, environment, health and occupational security for the red ceramics industry, of small transport, by means of a study of the case in the company Nossa Senhora das Vitórias. This company is specialized in the manufacture of roofing tiles and is located in the half-barren region of the Rio Grande do Norte, in the city of Carnaúba dos Dantas. The red ceramics industry if has expanded in this region without developing managerial procedures that lead to a good ambient performance; therefore, it has not obtained to optimize forms of ambient management that contribute so that it is considered as a sustainable company in this region. The productive process, of this industry, is characterized basically by the use of the clay, as raw material, and of the firewood, as input energy. In consequence of the displayed one, the problematic one of this research was guided by the following question: which integrated model of management can be elaborated for the implementation in the red ceramics industry, with emphasis in the productive performance? The methodology, of this work, and was based in theoretical references on sustainable development, ambient management, ambient performance and integrated model of management, and on the requirements contained in NBR ISO 9001:2000, NBR ISO 14001:2004, OHSAS 18001:1999. The integrated model of management, elaborated from the study of case in company N.S.<sup>a</sup> of the Victories, consists in the integration of the requirements of the management of the quality, environment, health and occupational security. One expects that with the implementation of a model as this if it optimizes the management of the company, its environment performance, the health and occupational security of its worker and, therefore, the general optimization.

**KEYWORDS:** integrated model of management, red ceramics industry, ambient performance.

## **MODELO INTEGRADO DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A IMPLEMENTAÇÃO NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA: UM ESTUDO DE CASO**

### **INTRODUÇÃO**

A indústria de cerâmica vermelha ou estrutural<sup>1</sup> do Rio Grande do Norte tem apresentado, nos últimos vinte anos, um crescimento surpreendente em relação ao número de empresas, de produção, de comercialização, de geração de empregos e renda, e, também, de problemas de ordem ambiental. Esse crescimento tem contribuído para o surgimento de questionamentos que passaram a ser discutidos e analisados pelas pesquisas desenvolvidas no Núcleo de Estudos do Semi-Árido (NESA). Como resultados dessas pesquisas têm se desenvolvido trabalhos sobre a (in) sustentabilidade da cerâmica vermelha no semi-árido norte-rio-grandense (ver SILVA, 1999a; SILVA, 1999b; SILVA, REIS, SILVA, 2005a; SILVA, REIS, SILVA, 2005b, dentre outros).

O desenvolvimento dessa atividade econômica vem ocorrendo por meio de um processo produtivo bastante complexo que envolve algumas fases, tais como: extração da matéria-prima (argila e o barro vermelho), mistura, moldagem, secagem, queima (que tem como insumo energético a cobertura vegetal local) e comercialização do produto. A tecnologia de fabricação dos produtos estruturais da cerâmica vermelha evoluiu muito pouco ao longo desses anos. Os procedimentos, ainda hoje, são arcaicos e as inovações introduzidas nos processos tecnológicos, visam sobretudo à automação dos equipamentos, com o objetivo de reduzir tão-somente os custos de mão de obra (LIMAVERDE, 1983; SUDENE, 1988).

Diante disso, pode-se dizer que esse é um processo produtivo que não tem conseguido reduzir as perdas da produção e melhorar a produtividade, a qualidade do produto e o desempenho ambiental da indústria ceramista. Nesse sentido, trata-se de um processo industrial que tem crescido nos últimos anos e, trazendo consigo, mudanças econômicas, sociais, culturais e ambientais. Contudo, como qualquer outra atividade produtiva, vem demandando uso e/ou consumo de recursos naturais, afetando adversamente o meio ambiente, a segurança e a saúde ocupacional no trabalho.

Dessa forma, a adoção de práticas de produção ambientalmente sustentáveis na produção de cerâmicos vermelhos, como ferramentas voltadas para a gestão ambiental do processo operacional, é estratégica para o desenvolvimento e expansão dessa atividade de maneira sustentável. A partir disso, ficou claramente perceptível que o modo de produção adotado atualmente por esse tipo de ramo industrial, afasta-a cada vez mais do que se denomina desenvolvimento sustentável – progresso social e crescimento econômico aliados ao respeito ao meio ambiente. A incapacidade do meio ambiente de absorver as decorrências do desenvolvimento começa a transparecer.

Considerando dados de uma pesquisa exploratória já realizada, viu-se que nas cerâmicas vermelhas de Carnaúba dos Dantas, município situado na microrregião do Seridó Oriental do Estado, ainda são bastante incipientes as iniciativas voltadas à gestão adequada dos

---

<sup>1</sup> Compreende aquela que se dedica à fabricação de produtos cerâmicos estruturais utilizados na construção civil e que usa no seu processo produtivo argilas do tipo massapé de teores de ferro maior do que 6%, apresentando cor avermelhada por ocasião do processo de queima (SUDENE, 1988).

recursos naturais empregados e das atividades, produção e serviços desenvolvidos. Diante do exposto, a problemática dessa pesquisa foi sintetizada na seguinte questão: qual o modelo de sistema integrado de gestão ambiental pode ser elaborado para a implementação na indústria de cerâmica vermelha, com ênfase no desempenho ambiental? Com base em suportes teóricos adotados e nos requisitos e referenciais das normas ISO 9001:00, ISO 14001:04 e 18001:99, procurou-se, por meio de um estudo de caso desenvolvido junto à cerâmica vermelha Nossa Senhora das Vitórias situada em Carnaúba dos Dantas, propor um modelo de sistema integrado de gestão para implementação na indústria de cerâmica vermelha, com enfoque no desempenho ambiental.

## **REFERÊNCIAL TEÓRICO**

Para o trabalho em questão, está se considerando como fundamento teórico a compreensão sobre modelo integrado de gestão, como sendo a combinação de sistemas, processos, procedimentos e práticas utilizadas em uma organização de maneira inter-relacionados para implementar suas políticas de gestão e que pode ser mais eficiente na consecução dos objetivos oriundos delas, do que quando há diversos modelos ou sistemas individuais se sobrepondo (CHAIB, 2005; CICCO, 2004; DONAIRE, 1999).

Por outro lado, considerou-se de fundamental importância ao desenvolvimento deste trabalho a concepção de desenvolvimento sustentável, entendido aqui como aquele em que se busca a “satisfação das necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras”. (CMMDA, 1991, p. 9).

Paralelamente com o crescimento do conceito de desenvolvimento sustentável, a gestão ambiental, esta sendo entendida aqui, como um processo onde a empresa gerencia as relações entre suas atividades e o meio ambiente, definindo estratégias e meios para atingir os objetivos definidos por período estipulado, atendendo assim, as expectativas das partes interessadas. (ANDRADE et al 2000)

Entende-se por desempenho ambiental nesse trabalho, como a mensuração da gestão ambiental na atuação produtiva da empresa dentro dos parâmetros de sustentabilidade. E esses parâmetros contribuem para que se tenham resultados mensuráveis da sua gestão ambiental, que são relativos ao controle de uma organização sobre seus aspectos ambientais, com base na sua política, seus objetivos e metas ambientais. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14001:2004).

Como forma de estabelecer uma atuação produtiva na empresa de cerâmica vermelha pode-se, adotar diversos modelos de gestão ambiental. Dentre os existentes serão abordados para este estudo, as normas ISO 9001:00, ISO 14001:04 e a norma 18001:99, respectivamente qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional.

O sistema de gestão da qualidade, representado pela norma ISO 9001:00 é definido como um sistema de gestão para dirigir e controlar uma organização, no que diz respeito à qualidade dos seus serviços e produtos, atendendo satisfatoriamente às necessidades dos clientes, aos regulamentos do mercado e os da própria organização, atacando os pontos fracos, sejam eles custos altos, qualidade baixa, prazos de entrega, atendimento, etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000; MEDEIROS, 2003).

Já o sistema de gestão ambiental, estabelecido pela norma 14001:04, é conceituado como um sistema que permite a uma organização desenvolver e implementar uma política e objetivos que levem em conta os requisitos legais e outros requisitos por ela subscritos e informações referentes aos aspectos ambientais significativos. Aplica-se aos aspectos ambientais que a organização identifica como aqueles que possam controlar e aqueles que possam influenciar no seu desempenho. Em si, essa norma não estabelece critérios específicos de desempenho ambiental, pois seu objetivo se restringe em especificar requisitos para um sistema de gestão ambiental. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

No que diz respeito ao sistema de gestão da segurança e saúde ocupacional, especificado pela norma OHSAS 18001:99, o trabalho em discussão procurou se aportar nos requisitos para um Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (SSO), que permite a uma organização controlar seus riscos de acidentes e doenças ocupacionais e melhorar seu desempenho. A norma não prescreve critérios específicos de desempenho da Segurança e Saúde no Trabalho, nem fornece especificações detalhadas para o projeto de um sistema de gestão, pois seu objetivo é especificar os requisitos do sistema de gestão saúde e segurança ocupacional. (OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES, 18001:1999).

Estas normas, por sua vez, possibilitam a uma organização a integração do seu sistema de gestão com outros requisitos de gestão relacionados. Os requisitos do sistema de gestão da qualidade, meio ambiente e segurança e saúde ocupacional são correspondentes entre si. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9001:2000; NBR 14001:2004 e OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES 18001:1999).

Com essa possibilidade foi proposto um modelo de gestão que contempla os requisitos da qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional para a indústria de cerâmica vermelha, de pequeno porte, situada no município de Carnaúba dos Dantas, Rio Grande do Norte.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO**

O estudo em tela foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica sobre os aportes teóricos que contribuíram para o desenvolvimento e proposição do modelo integrado de gestão. Para tanto, seguiu-se a investigação por meio de um estudo de caso que, segundo Gil (2006, p. 72), é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado. Para esse autor, esse estudo tem como propósitos a exploração de situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; a descrição da situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; e a explicação das variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

Para a consecução desta pesquisa foi utilizado, ainda, um trabalho de campo que se deu por meio da aplicação de um diagnóstico ambiental composto de questões fechadas abrangendo os requisitos das normas ISO 9001:00, ISO 14001:04 e OHSAS 18001:99, em que se buscou levantar os indicadores de dados da empresa investigada. De acordo com os

resultados encontrados pelo diagnóstico, são sugeridas melhorias aplicáveis. A coleta foi realizada no mês de março de 2008.

Portanto, este trabalho caracteriza-se, como uma proposta para um modelo integrado de gestão, seguida de um estudo de caso.

## **RESULTADOS OBTIDOS**

Com base nos referenciais teóricos e nos requisitos das normas NBR ISO 9001:00, NBR ISO 14001:04 e OHSAS 18001:99 adotados como suporte para esse estudo, elaborou-se um modelo de gestão da qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional para a cerâmica vermelha. Esse modelo visa à otimização do gerenciamento desse setor industrial, o seu desempenho ambiental, a qualidade do seu produto, uma melhor condição de saúde e segurança do seu trabalhador e, por conseguinte, a otimização global do seu gerenciamento, garantindo com isso a sua sustentabilidade no ambiente em que esta inserida.

O modelo proposto foi elaborado a partir de dados coletados em pesquisas realizadas junto à empresa de Cerâmica Vermelha Nossa Senhora das Vitórias, situada no município de Carnaúba dos Dantas no estado do Rio Grande do Norte. Além disso, realizaram-se observações diretas no processo de produção do principal produto da cerâmica, a telha, e entrevistas com os administradores dessa empresa por meio de um diagnóstico baseado nos requisitos das normas 9001:2000, 14001:2004 e OHSAS 18001:1999.

A cerâmica Nossa Senhora das Vitórias é uma empresa de pequeno porte, pois conta atualmente com 40 trabalhadores empregados diretamente. Essa empresa ocupa uma área de aproximadamente 400 metros quadrados e está localizada no sítio Carnaúba, zona rural do município de Carnaúba dos Dantas, no estado do Rio Grande do Norte. O principal produto dessa empresa é a telha do tipo colonial, produzida e comercializada principalmente para os mercados consumidores da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e uma pequena parcela dessa produção é consumida internamente no Estado. Para produzir a telha, a empresa não tem utilizado nenhuma especificação ou norma referente ao produto que ela produz. A produção é feita quase que a olho nu, levando em consideração a experiência dos empregados e gerentes.

A produção de telha tem consumido por mês cerca de 3.000 Kilowatt de energia e 36.000 por ano; a água utilizada para umedecer e homogeneizar a argila, é retirada de um poço próprio e por isso seu consumo não é determinado; consome-se aproximadamente 12.000m<sup>3</sup>/mês de argila, o que equivale a um total de 144.000m<sup>3</sup>/ano; a lenha, retirada da cobertura vegetal nativa – caatinga – é utilizada como insumo energético, sendo utilizado por semana 150m<sup>3</sup>, o que corresponde a 600m<sup>3</sup> por mês e a um total de 7.200m<sup>3</sup> por ano.

Nas etapas do processo de produção da telha, observou-se que os funcionários não utilizavam equipamentos e roupas apropriadas para a sua função. Na etapa da queima, uma das etapas mais prejudiciais à saúde do empregado devido às emissões atmosféricas, os funcionários não utilizavam máscaras, nem luvas, ou roupas apropriadas.

Para realizar as suas atividades produtivas, a empresa investigada não possui nenhuma política, seguida de objetivos e metas a serem alcançadas no decorrer da produção, nem tampouco um planejamento da produção de telhas por mês ou por ano, e uma verificação

ou monitoramento de falhas e erros dentro do seu processo de produção, objetivando assim, uma melhoria contínua no processo global.

O modelo é apresentado a partir de etapas como: a definição da política da empresa, os requisitos legais e das partes interessadas, os objetivos e metas, a elaboração do produto, verificação, medição e monitoramento de todos os processos e ações, a análise pela administração, objetivando integrar os requisitos das três normas, em cada uma das etapas.

Cada uma das etapas é discutida de acordo com o que estabelece o modelo de gestão proposto.

### **1ª etapa: Definir a política da empresa**

A empresa em estudo, não possui nenhuma política definida e para estabelecer a política do modelo integrado de gestão, a alta administração deve definir:

- e documentar a sua intenção em considerar os aspectos de desempenho da qualidade, meio ambiental e de segurança e saúde ocupacional, na avaliação de desempenho geral da empresa;
- a sua estratégia para a competitividade;
- os recursos humanos e financeiros para dar suporte à política;
- responsabilidade e autoridade para que as pessoas designadas possam ter autonomia para desenvolver o programa;
- e disponibilizar para as partes interessadas.

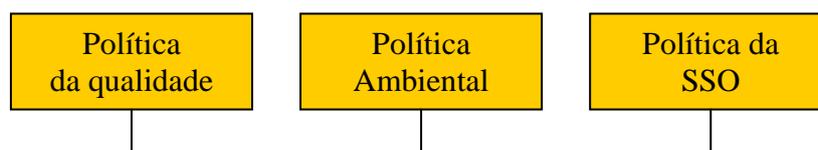
Após ser definida, a política deve ser transmitida efetivamente a cada um dos empregados da empresa, de forma que cada um possa compreender:

- sua importância para o desempenho global da empresa;
- o porque de sua atividade;
- como ela contribui para que seu setor alcance os resultados esperados pela empresa;
- e como os resultados do seu setor pode contribuir para a empresa como um todo.

Esta etapa tem como objetivo, deixar claro para todas as partes interessadas a sua intenção estratégica em considerar os princípios para o desenvolvimento sustentável. Este posicionamento será o suporte que a alta administração dará para que os requisitos das partes interessadas sejam adotados como os requisitos da empresa.

A política da empresa e o seu comprometimento devem ser compatíveis com os resultados da análise crítica realizada, como forma de alimentar o ciclo de melhoria contínua.

A etapa aqui descrita tem como entrada a análise crítica feita pela alta administração e como saída o suporte para o estabelecimento de requisitos.



**Figura 1 – Política do Sistema Integrado de Gestão.**

## 2ª etapa: Estabelecimento de requisitos

Nessa etapa, a empresa deve manter um banco de dados com os requisitos das partes interessadas (clientes, acionistas, fornecedores, empregados, governo, comunidade e concorrentes), que possam afetar seu desempenho e sua competitividade.

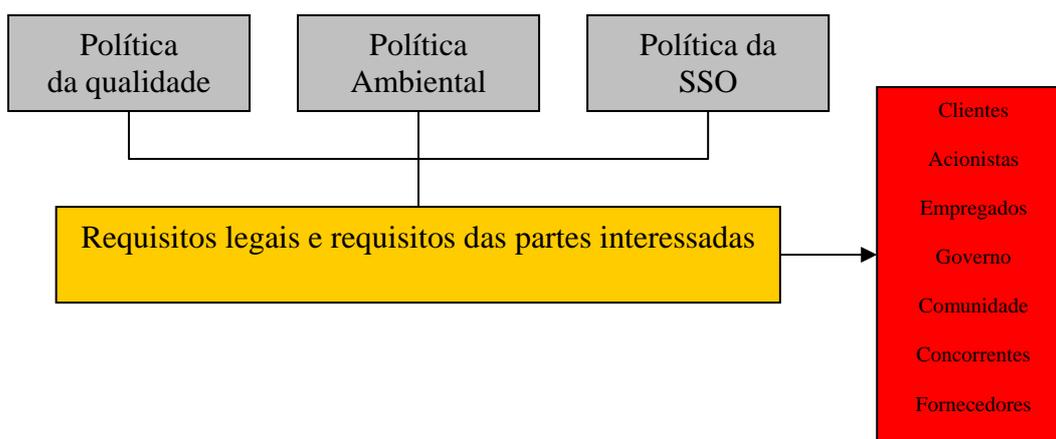
O objetivo dessa etapa é conhecer o que as partes interessadas, desejam da empresa. O representante da empresa deve selecionar o que é compatível com a política definida pela empresa e a partir daí elaborar os objetivos e metas para o cumprimento dos requisitos estabelecidos.

Como resultado dessa etapa, espera-se que a empresa conheça o que as partes interessadas desejam dela e considere que a formação de um banco de dados com essas informações, que possibilitarão a elaboração de objetivos e metas apropriados, são fundamentais para sua sobrevivência.

Como saídas desse processo serão:

- informações do retorno financeiro desejado;
- o índice de satisfação dos clientes;
- a capacidade de produção da empresa dentro dos limites de especificação pré-estabelecidos;
- as possíveis ameaças ao negócio no futuro próximo;
- onde a empresa precisa atuar para melhorar sua performance da qualidade, do meio ambiente e da saúde e segurança ocupacional.

Assim a política definida na etapa anterior e o interesse das partes interessadas alimentam essa etapa e a elaboração dos objetivos e metas, baseados nos requisitos estabelecidos será a etapa seguinte.



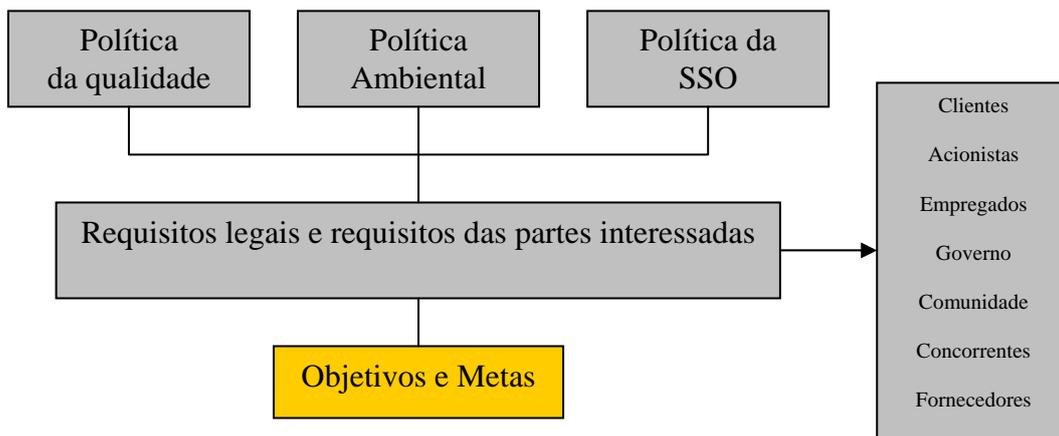
**Figura 2 – Estabelecimento de requisitos do Sistema Integrado de Gestão.**

### 3ª etapa: Elaboração de objetivos e metas

A empresa deve elaborar objetivos e metas para qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional, com cronograma de execução físico – financeiro, responsabilidade e indicadores de desempenho bem definidos. O acompanhamento dos objetivos e metas é mensal e deve ser realizado pela gerência da empresa. Todos os objetivos analisados têm correlação com a política definida pela alta administração.

Os objetivos e metas devem conter indicadores de desempenho mensuráveis e que possam possibilitar a repetição das medições. Os indicadores de desempenho, por sua vez, serão desenvolvidos para medir os objetivos traçados com base nos requisitos das partes interessadas. Eles devem invariavelmente proporcionar resultados que possam demonstrar o melhoramento contínuo da empresa através do seu desenvolvimento e sustentabilidade. Os indicadores de desempenho são definidos conforme os requisitos estabelecidos na etapa anterior.

Essa etapa antecede a etapa elaboração do produto, conforme mostra a figura 3.



**Figura 3 – Estabelecimento de Objetos e Metas do Sistema Integrado de Gestão.**

### 4ª etapa: Elaboração do produto

O produto da empresa não segue nenhuma orientação ou especificação para o tipo de telha que vem sendo produzida. Ele tem sido produzido de forma mecânica para atender as demandas solicitadas pelos clientes. A telha tem sido produzida, conforme observamos em pesquisa de campo, sem nenhuma norma que estabeleça os requisitos dimensionais, físicos e químicos exigíveis para as telhas cerâmicas, bem como os seus métodos de ensaio. (ABNT 15310, 2005).

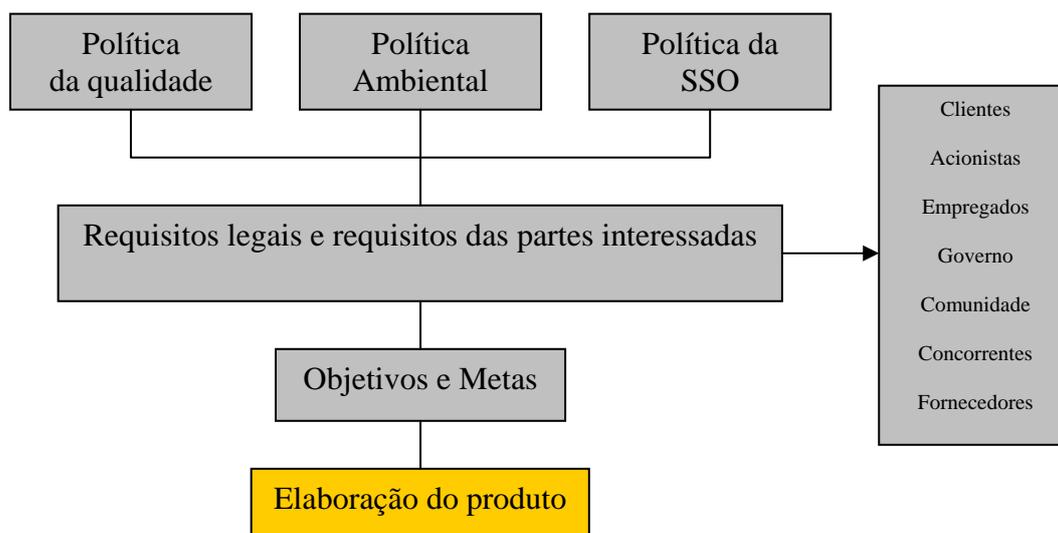
Na produção da telha, como foi mostrado, são utilizados a argila, a lenha, a água e a energia. Segundo o presidente da Associação dos Ceramistas do Vale Carnaúba, toda a lenha destinada à queima é comprada de empresas registradas na própria associação e retiradas de áreas licenciadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), como também a argila. Já a água utilizada na mistura da

massa é retirada de poço particular, e por isso não possui registro do seu consumo. Por outro lado, o consumo de energia é medido pelo órgão responsável.

Em relação aos seus aspectos e impactos ambientais (emissões atmosféricas, resíduos sólidos e efluentes), resultantes do seu processo produtivo, a empresa se diz consciente, mas não possui ou realiza nenhuma atitude para mitigá-los.

Os riscos mais significativos à segurança e saúde dos trabalhadores na elaboração do produto se encontram nas etapas de conformação e queima. Em relação à queima o risco se dá pelo fato do forneiro<sup>2</sup> trabalhar nas proximidades dos fornos inalando assim, a fumaça e a fuligem saídas desse processo como também, o risco de um acidente com o fogo. Já o risco da conformação<sup>3</sup> se dá no corte da argila depois que esta passa pela conformação.

Observou-se que não há etapas para a elaboração do produto, entretanto, sugere-se como base para a elaboração deste, a norma NBR ISO 15310 , que estabelece os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis para as telhas cerâmicas de telhas de edificações, bem como estabelece seus métodos de ensaios, um planejamento da produção e a medição periódica da capacidade do processo. Os aspectos e impactos ambientais significativos, bem como as atividades associadas aos riscos de acidente e de doenças ocupacionais devem ser, se possível, mitigados tornando assim, essa etapa compatível com o proposto no modelo.



**Figura 4 – Elaboração do produto.**

### **5ª etapa: Medição e monitoramento dos resultados**

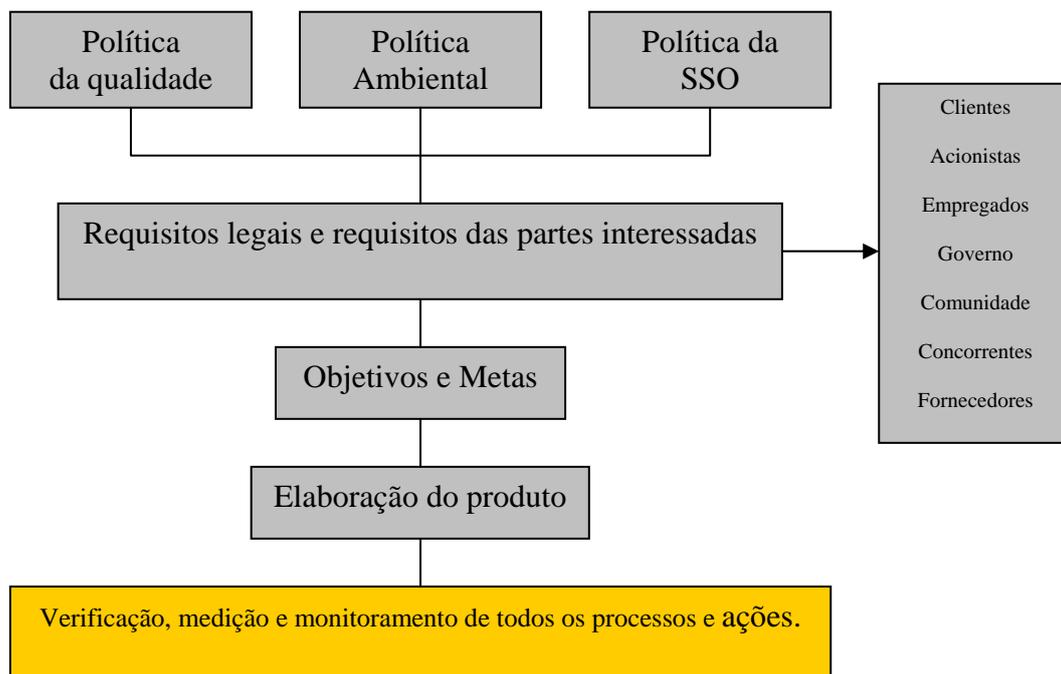
As emissões atmosféricas de todos os fornos devem ser medidas anualmente, e os resultados avaliados de acordo com o especificado pela Legislação ambiental pertinente. Os resíduos sólidos devem ser dispostos em locais específicos ou ser transformados e retornados, se possível, ao processo.

<sup>2</sup> Responsável pela alimentação dos fornos.

<sup>3</sup> Etapa do processo em que a argila passa pela extrusora ou maromba e toma o formato do produto desejado.

Para monitorar a saúde e a segurança dos trabalhadores, a empresa deve manter um Programa de Controle Médico e de Saúde Ocupacional (PCMSO). Cada trabalhador deve ser monitorado de acordo com os resultados dos exames médicos periódicos e do grau de exposição aos riscos de acidentes em sua área de trabalho. Para a medição e o monitoramento dos aspectos ambientais a empresa deve manter um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

Constatou-se nessa etapa que a empresa não mede e não monitora os resultados, entretanto, conforme comentado anteriormente, sugere-se elaborar e ampliar os requisitos, tais como a capacidade do processo produtivo e passar a medi-los e monitorá-los.



**Figura 5: Medição e Monitoramento do Sistema Integrado de Gestão.**

### **6ª etapa: Analisar criticamente**

A empresa deve realizar uma reunião mensal com seu corpo técnico, para analisar os resultados da performance das diversas áreas da empresa, com relação ao previsto. A cada três meses deve ser realizada uma reunião de análise crítica do trimestre, mais ampla, onde são considerados também outros aspectos do negócio.

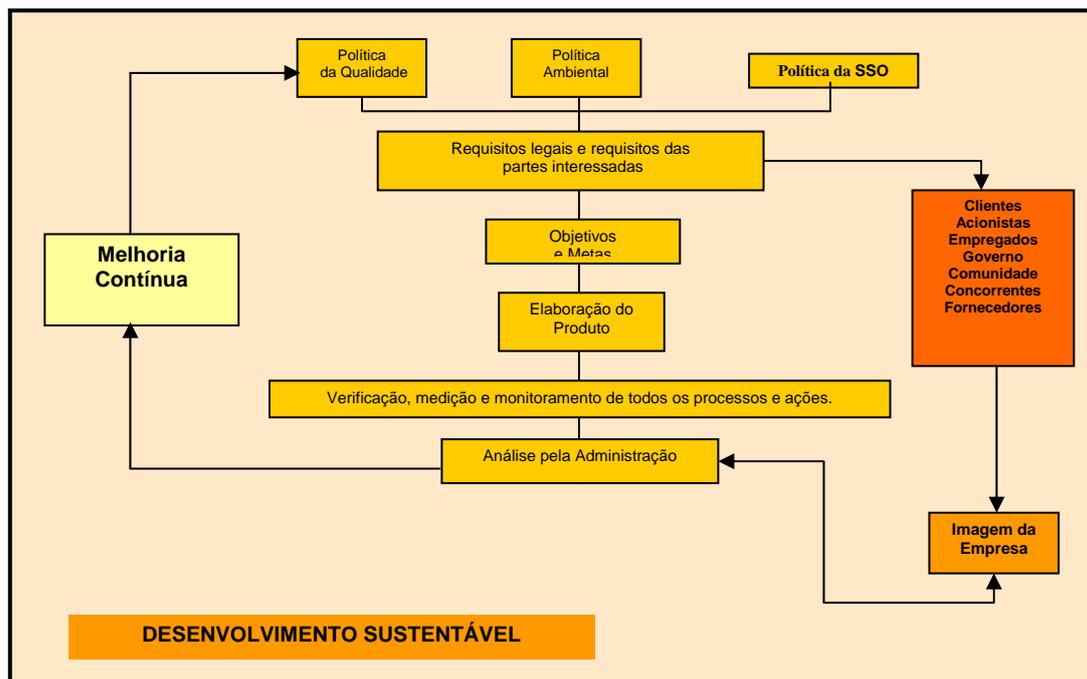
A pauta da reunião de análise crítica deve ser:

- análise do processo produtivo;
- análise do processo administrativo;
- segurança e saúde ocupacional;
- sistema de gestão ambiental;

- análise dos objetivos/metasp – objetivos da qualidade, meio ambiente, SSO e os objetivos da participação nos lucros;
- análise dos projetos em andamento e em desenvolvimento;
- análise do processo de manutenção;
- análise das não conformidades das auditorias internas de qualidade, meio ambiente e SSO;
- reclamações de clientes; e não conformidades, ações corretivas e ações preventivas.

Essa é uma reunião entre a diretoria e o corpo técnico, onde serão avaliados os resultados de cada departamento, a situação dos objetivos e metas do período e o atendimento da política da empresa. Considera-se importante, que a empresa passe também a avaliar nessa análise crítica, para efeito de adequação ao modelo proposto, os novos requisitos a serem criados, conforme abordado anteriormente.

Como o modelo proposto integra três sistemas de gestão, acredita-se ser importante à criação de uma metodologia para avaliação do sistema integrado, na análise crítica, como forma de perceber tanto a melhoria contínua alcançada ao longo do tempo, como as oportunidades de melhoria. Essa ferramenta permite a visualização da performance geral da empresa, de uma maneira simples e objetiva, uma vez que contempla os requisitos das partes interessadas e os indicadores de desempenho para esses requisitos.



**Figura 6: Modelo integrado de gestão.**

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O modelo integrado de gestão proposto pode ser aplicado a qualquer empresa de cerâmica vermelha, que seja de pequeno, médio ou grande porte, que não possua nenhum sistema de

gestão ou que disponha de sistemas isolados como os de gestão da qualidade, ambiental ou de saúde e segurança ocupacionais.

Acredita-se que para empresas de pequeno e médio porte, seja mais viável implantar o modelo integrado de gestão, inicialmente pelo sistema de gestão da qualidade em seguida utilizar a estrutura existente para implantar o sistema de gestão ambiental e por fim a implementação do sistema de gestão da saúde e segurança ocupacional, de forma integrada. Ou vice-versa, dependendo da necessidade da empresa.

O modelo integrado de gestão apresentado nesse trabalho, se caracteriza principalmente por propor o melhoramento contínuo da empresa de cerâmica vermelha, Nossa Senhora das Vitórias, levando em consideração os requisitos das partes interessadas.

Para o melhoramento contínuo no âmbito da qualidade, do meio ambiente e da saúde e segurança ocupacional, espera-se que a empresa de cerâmica vermelha: assegure de estar atendendo às políticas estabelecidas com relação à qualidade; passe a atender as necessidades atuais e futuras dos seus clientes e exceda as suas expectativas; passe a planejar o produto antes de produzi-lo, atendendo aos requisitos da norma referente à produção de telhas; gerencie o seu processo produtivo de forma a otimizá-lo; detecte os defeitos ocorridos no processo de produção e atue em prol da melhoria contínua; otimize o seu processo produtivo, levando-o a uma melhor qualidade produtiva; assegure de estar atendendo às políticas estabelecidas com relação à ao meio ambiente; tendo uma melhor condição de gerenciamento de seus aspectos e impactos ambientais; dê maior ênfase à preservação do que às condições corretivas; reduza incidentes que impliquem responsabilidade civil; passe a conservar a sua matéria-prima (argila) e seu insumo energético (lenha); desenvolva soluções ambientais; se ajuste às normas ambientais; assegure de estar atendendo às políticas estabelecidas com relação à saúde e segurança ocupacional; elimine ou minimize os riscos para os empregados e outras pessoas que possam estar expostas a riscos associados com a sua atividade; mantenha boa relação com o sindicato dos trabalhadores de cerâmica e trabalhadores; fortaleça a imagem da empresa junto ao mercado; reduza acidentes que impliquem em responsabilidade civil; e melhore o conforto e o bem-estar do trabalhador.

Em suma, dentre os benefícios que decorrem da implementação do modelo integrado de gestão pode-se assinalar o foco na melhoria contínua, nos resultados, no planejamento estratégico da empresa, na construção de uma política unificada e num melhor desempenho ambiental. No geral, pode-se dizer que a integração dos requisitos da qualidade, do meio ambiente e da saúde e segurança ocupacionais contribui para que se tenha uma excelente oportunidade de sanar ou minimizar os problemas da qualidade produtiva, dos aspectos ambientais e de saúde e segurança dos trabalhadores da empresa tendo em vista que essa integração possibilita que se tenha um sistema unificado, focalizando continuamente a melhoria do desempenho industrial, otimizando a utilização dos recursos naturais disponíveis, a integração de maneira contínua da qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacionais a gestão dos negócios desse ramo empresarial, além de unificação dos documentos dos diferentes sistemas.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14001:2004: sistema de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9001:2000: sistema de gestão da qualidade: especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 2000.
3. OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES. OHSAS 18001:1999. sistema de gestão da saúde e segurança ocupacional: especificação e diretrizes para uso. Grã-Bretanha 1999.
4. CICCIO, Francesco. A primeira norma de âmbito mundial para certificação de sistemas de gestão da SST. In: \_\_\_\_\_. Manual sobre sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho. São Paulo: Risk Tecnologia em Riscos Ind., 1999. vol. 3 - OHSAS 18001.
5. CHAIB, Erick Brizon D'Angelo. Proposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Engenharia. Rio de Janeiro, 2005.
6. CMMDA. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.
7. DONAIRE, Denis. Gestão ambiental na empresa. São Paulo: Atlas, 1999.
8. GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 2006.
9. LIMAVERDE, João de Aquino. A indústria de cerâmica vermelha no Nordeste. Fortaleza: BNB/ETENE, 1983.
10. SILVA, Valdenildo Pedro da. Das trilhas do gado ao território da cerâmica vermelha: (des) territorialidade em Carnaúba dos Dantas – RN. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Geografia. Recife, 1999a.  
\_\_\_\_\_. Problemática socioambiental: um estudo sobre a indústria ceramista em Carnaúba dos Dantas-RN, Sociedade e Território, Natal, v. 13, n. 2, p. 37-46, jul./dez. 1999b.
11. SILVA, Valdenildo Pedro da; REIS, Leci Martins Menezes; SILVA, Adriana Claudia Câmara da Silva. (In) sustentabilidade ambiental em territórios de cerâmica vermelha: uma análise de Carnaúba dos Dantas, Mercator, Fortaleza, v. 4, n.7, p. 83-96, jan./jul. 2005a.  
\_\_\_\_\_. A cerâmica vermelha e a problemática socioambiental. In: Francisco das Chagas Silva Souza. (Org.). Potencialidades e (in)sustentabilidade no semi-árido potiguar. Natal: Editora do CEFETR, 2005b.
12. SUDENE. Conservação de energia no setor industrial: cerâmica vermelha estrutural. Recife: Sudene/Itep, 1988.
13. VALLE, Cyro Eyer do. Qualidade ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente, como se preparar para as normas ISO 14000. São Paulo: Pioneira, 1995.

## **FORMAÇÃO DE LEITORES: O ENSINO DE LÍNGUA PORTUGUESA EM TURMAS DE EJA**

**Dhierclay de Souza Alcântara<sup>1</sup>**

Aluno do Ensino Médio Integrado – Curso de Informática (2º ano)

e-mail: [dhierclay\\_kungfu@yahoo.com.br](mailto:dhierclay_kungfu@yahoo.com.br)

**Ilane Ferreira Cavalcante<sup>2</sup>**

Doutora em Educação. Professora e Pesquisadora do CEFET-RN.

e-mail: [ilane@cefetrn.br](mailto:ilane@cefetrn.br)

---

### **RESUMO**

Este artigo constitui-se em uma reflexão sobre a Elaboração de Materiais didáticos de Língua Portuguesa para turmas de Ensino para Jovens e Adultos(EJA). Dentro de uma perspectiva de ensino a partir de gêneros textuais, esse material didático visa, entre outras coisas, contemplar os diferentes conteúdos, habilidades e competências do ensino de Língua Portuguesa. O projeto de pesquisa de que este artigo é fruto está integrado ao Grupo de Pesquisa em Ensino Médio Integrado na Modalidade Educação de Jovens e Adultos e baseia-se no fato de que há, ainda, pouco material didático disponível para o EJA no Ensino Médio, pois a maioria da literatura existente se restringe ao Ensino Fundamental. Além disso, os professores de todas as disciplinas iniciais da Modalidade EJA na UNED-ZN do CEFET-RN tem se deparado com uma realidade preocupante: a falta de preparo dos estudantes que entram na Instituição para iniciar o curso nessa modalidade. No caso específico de Língua Portuguesa, esses alunos demonstram muitas dificuldades de leitura e escrita. Neste artigo, apresentamos os primeiros resultados tabulados a partir de questionário aplicado entre alunos das turmas iniciais de 2006 e 2008, observando seus perfis de leitor e identificando suas principais necessidades no âmbito da leitura e da escrita. Esses resultados subsidiam o processo de elaboração do material didático de língua portuguesa.

**Palavras-chave:** Educação de Jovens e Adultos, Ensino de Língua Portuguesa, Material didático, Leitura

### **FORMING READEARS: TEACHING PORTUGUESE TO EJA STUDENTS**

### **ABSTRACT**

This article considers the aspects related to the production of teaching material for Young and Adult learners in the North Zone Descentered Teaching Unit of CEFET-RN. It is based on a research that means, above other things, to produce didactic activities that apprehend the different contents, skills and competences of teaching Portuguese as a mother tongue. This project is part of the group of research on EJA of that institution and bases itself in the fact that it is still difficult to find bibliographical material about EJA for

---

<sup>1</sup> Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

<sup>2</sup> Professora pesquisadora do Grupo de Pesquisa em Ensino Médio Integrado na Modalidade Educação de Jovens e Adultos.

High School teachers. For being something still new to CEFET, teachers are having many difficulties to adapt their material and methodology to these new students as these students present many lacks on their previous reading and writing knowledge. This article presents the first results from data established over a questionnaire applied to classes of 2006, 2007 and 2008, looking for their reading and writing profiles. These results bases the didactic material that will be developed.

**KEY-WORDS:** Young and Adults Teaching, Didactic Material, Portuguese Language Teaching, Reading.

## **FORMAÇÃO DE LEITORES: O ENSINO DE LÍNGUA PORTUGUESA EM TURMAS DE EJA**

### **INTRODUÇÃO**

A Modalidade EJA é algo novo para os Centros Federais de Educação Tecnológica. Integrar o Ensino Médio à Educação profissionalizante é um desafio proposto pela nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Desde Setembro de 2006 os professores de Língua Portuguesa da Unidade de Ensino Descentralizado da Zona Norte do CEFET-RN têm enfrentado esse desafio pensando em práticas metodológicas que funcionem não só como nivelamento dos alunos da Modalidade EJA, mas que sirvam de estímulo à sua permanência e ao seu desenvolvimento dentro dos cursos oferecidos pela instituição. Diante das dificuldades encontradas, foi criado o Grupo de Pesquisa em Ensino Médio Integrado na Modalidade Educação de Jovens e Adultos, no qual este projeto está inserido, de forma a pensar o ensino de Língua portuguesa sob um ponto de vista interdisciplinar e adequado ao público atendido na Modalidade EJA. Este projeto passou, a partir do segundo semestre de 2007, a ser apoiado, através de bolsa de pesquisa de Iniciação Tecnológica, pelo CNPq.

Professora de Língua portuguesa, a pesquisadora responsável por este projeto se deparara com alunos a quem faltavam não só alguns princípios básicos do uso da língua, mas, principalmente, a auto-estima necessária para acreditar na própria capacidade de superar dificuldades. Assim, fez-se necessário elaborar materiais que contemplassem tanto os aspectos de conteúdo da disciplina de Língua Portuguesa, quanto pudessem proporcionar, através do uso da língua, a compreensão e a reflexão sobre a própria identidade e a própria capacidade de construção do conhecimento,

Pesquisas na Internet e na literatura especializada na Educação para Jovens e Adultos demonstram, também, haver pouco material didático disponível para as diversas disciplinas do Ensino Médio, pois a maior parte do material disponível, teórico e didático, circunscreve-se ao Ensino Fundamental. A elaboração de material didático adequado a essa modalidade e a esse público constitui-se, então, um desafio pedagógico que as instituições formadoras precisam vencer visando um aprofundamento teórico e metodológico que venha a contribuir para a melhoria do processo de ensino e, conseqüentemente, da aprendizagem do estudante.

A primeira turma de EJA recebida pela Uned-ZN do CEFET-RN não se configurava ainda como uma turma de EJA propriamente dita, visto que apresentava um contingente de alunos muito jovens com um bom número já advindo do Ensino Médio. Sua prática de leitura e escrita, no entanto, se configurava muito insipiente. A maioria provinha de escolas públicas de áreas periféricas da cidade de Natal e demonstrava grande insegurança no trato com a linguagem. Ao receber a segunda turma, o problema se intensificou. Foram formadas duas turmas advindas do programa PROJOVEM (parceria entre o governo federal e a prefeitura de Natal) e sua entrada no CEFET-RN deu-se de forma diferenciada, o que levou à aprovação de alunos que apresentavam profundas lacunas no seu processo de aprendizagem.

Apesar de suas dificuldades, a primeira turma de alunos demonstrou grande vontade de desenvolver seu potencial. São assíduos, em sua maioria, não só às aulas regulares, mas aos Centros de Atividades (CA). Já a segunda turma demonstrou, a partir

das primeiras aulas, uma grande desmotivação. São alunos inquietos, com dificuldades de se adaptar à rotina e às normas da escola, e que se ausentam da escola constantemente. O desafio, a partir de então, era não só desenvolver sua auto-estima e seu nível de conhecimento, mas fazê-los compreender a importância de manter-se na escola e visualizar um futuro possível.

Nos primeiros momentos de contato entre a professora pesquisadora e as turmas de EJA ficou claro que havia maior diálogo e maior compreensão da matéria quando os conteúdos ficavam vinculados à sua experiência de vida ou à sua realidade. Essa descoberta foi feita quando a professora saiu de um conteúdo mais conceitual e passou a trabalhar atividades de caráter mais pessoal (produção escrita – carta/depoimento). Essa produção foi pensada para servir não só aos conteúdos de língua portuguesa, mas à equipe pedagógica da Instituição, que demandava um perfil mais pessoal desses alunos.

A atividade rendeu frutos, os alunos demonstraram imenso prazer em pensar sobre sua própria história e sobre sua identidade e a professora/pesquisadora, então, decidiu fazer dessa reflexão/discussão sobre a identidade um eixo norteador da disciplina de língua Portuguesa.

Surgiu, então, a elaboração de textos jornalísticos, de listagens de desejos, de depoimentos, entre outros textos.

## **2 A MODALIDADE EJA NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA**

Segundo dados do Ministério da Educação, existem, hoje, mais de 65 milhões de jovens e adultos que não concluíram o ensino básico. Desses, 30 milhões não frequentaram nem os quatro primeiros anos escolares — são os chamados analfabetos funcionais. Cerca de 16 milhões não sabem ler nem escrever um bilhete simples. O país tem apenas 19 municípios — dos mais de 5,5 mil — com média de escolarização acima de oito anos. Ao analisar esses dados, é fácil compreender por que acabar com o analfabetismo e melhorar a taxa de escolaridade dos brasileiros são prioridades no cenário da educação nacional.

A situação, no entanto, vem melhorando. O Censo Escolar 2003 aponta o crescimento de 12,2% nas matrículas de jovens e adultos na rede oficial. São mais de 4,2 milhões de pessoas que voltaram a estudar, sem contar outras 730 mil atendidas por movimentos populares, empresas, sindicatos ou organizações não governamentais. "Se a educação é um direito de todos, independentemente da idade, como diz a nossa Constituição, temos de dar à EJA a mesma atenção oferecida a todos os segmentos do ensino básico", afirma Cláudia Veloso, coordenadora-geral de EJA do Ministério da Educação em entrevista à revista *Nova Escola on-line*.

Há toda uma história da educação no Brasil que vêm à tona ao se falar de Educação para Jovens e Adultos. A batalha para aumentar a escolaridade é antiga. No início do século passado a pressão para acabar com o analfabetismo vinha da indústria, carente de mão-de-obra especializada. A ditadura militar tentou abafar iniciativas como os Centros Populares de Cultura e o Movimento de Educação de Base, entre outros, amparados pelas teorias pedagógicas de Paulo Freire. O governo ditatorial propôs o Movimento Brasileiro de Alfabetização, o Mobral, que resultou em uma instituição incapaz de elaborar um política adequada para dar conta da demanda por educação de jovens e adultos no Brasil.

Com a abertura política, a sociedade voltou a organizar-se. O Brasil participou de conferências internacionais, reforçando o compromisso com o fim do analfabetismo. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996, dedicou à EJA toda uma seção. O governo federal lançou, em 1997, o Alfabetização Solidária — hoje uma ONG atuante em 2010 municípios — e em 2001 o projeto Recomeço (depois rebatizado de Fazendo Escola), que distribuiu recursos para aquisição de material e pagamento de professores de EJA para municípios com baixo Índice de Desenvolvimento Humano. O programa atende o Norte, o Nordeste e o Centro-Oeste, regiões com os maiores índices de analfabetismo e analfabetismo funcional. Foram as Diretrizes Curriculares Nacionais de 2000 que definiram os objetivos da EJA: restaurar o direito à educação, negado aos jovens e adultos; oferecer a eles igualdade de oportunidades para a entrada e permanência no mercado de trabalho e qualificação para uma educação permanente.

Grande parte dos alunos jovens e adultos que buscam a escola, esperam dela um espaço que atenda às suas necessidades como pessoas e não apenas como alunos que ignoram o conhecimento escolar. Por outro lado, todos eles acreditam que a escola possa imprimir-lhes uma marca importante e por isso apostam nela. (BRASIL, 2006, p.9).

Ao atrair o adulto para a escola, no entanto, é preciso garantir que ele não a abandone. As altas taxas de evasão (menos de 30% concluem os cursos) têm origem no uso de material didático inadequado para a faixa etária, nos conteúdos sem significado, nas metodologias infantilizadas aplicadas por professores despreparados e em horários de aula que não respeitam a rotina de quem estuda e trabalha. Problemas como esses podem ser resolvidos quando o professor conhece as especificidades desse público e usa a realidade do aluno como eixo condutor das aprendizagens.

Ensinar é uma prática complexa, ainda mais quando o professor atua na Educação de Jovens e Adultos, que se propõe a atender a um público ao qual foi negado o direito à educação durante a infância e/ou adolescência, seja pela oferta irregular de vagas, seja pelas inadequações do sistema de ensino ou pelas condições sócio-econômicas desfavoráveis dos estudantes.

Para que o professor possa atuar, oferecendo aos jovens e adultos uma educação integral que concilie a formação técnica com a humana, de qualidade, é preciso que ele atue primeiro como pesquisador, construindo os instrumentos didáticos mais adequados às diversas turmas. Assim, ele poderá possibilitar aos estudantes a formação de trabalhadores-cidadãos capazes de interagir com o meio e criar alternativas de inserção e permanência no mundo do trabalho com competência. Esse processo de pesquisa do professor exige tempo para ler, refletir e construir materiais didáticos.

A partir desse processo, pode-se passar a pensar e a definir indicadores teóricos e metodológicos coerentes com a especificidade dos estudantes da Modalidade EJA. Concebendo e materializando instrumentos didáticos que articulem e integrem os conhecimentos da formação geral e da técnica.

### **3. OS SABERES PRÉVIOS E SUA INSERÇÃO NAS AULAS DE LÍNGUA PORTUGUESA**

O nosso estar no mundo é repleto de ações que nos levam a aprender. A aprendizagem, por sua vez, acontece num entrelaçamento entre informação, conhecimento e saber. As informações que recebemos do outro, nos espaços externos, acionam nossas estruturas mentais movimentando nosso organismo, corpo, esferas dramáticas e cognitivas, transformando-se em conhecimento que se incorpora em nossos saberes (CERQUEIRA, 2007). Dessa maneira, o saber se constitui a partir das experiências e vivências do nosso cotidiano, e nossas aprendizagens primeiras acontecem em nossas relações familiares, somente mais tarde ingressamos na escola ampliando nossas relações sociais. A esses diferentes saberes a filosofia denomina como *saber sensível* e *saber cotidiano*.

Os alunos e alunas de EJA trazem consigo uma visão de mundo influenciada por seus traços culturais de origem e por sua vivência social, familiar e profissional. Podemos dizer que eles trazem uma noção de mundo mais relacionada à prática do cotidiano, ao ver e ao fazer. Ao escolher o caminho da escola, eles são levados a operar uma ruptura nessa sua vivência e passar a refletir sobre suas práticas. Essa ruptura leva a uma interrogação que passa a acompanhar o ver desses alunos, deixando-os preparados para olhar. Uma prática adequada dentro do espaço escolar proporcionará a esses alunos e alunas a possibilidade de ficarem abertos à aprendizagem, receptivos, sensíveis, e também ativos: capazes de explorar, investigar, pensar e interferir no que olham.

O *saber sensível* é um saber sustentado pelos cinco sentidos, um saber que todos nós possuímos, mas que valorizamos pouco na vida moderna. É aquele saber que é pouco estimulado numa sala de aula e que muitos professores e professoras atribuem sua exploração apenas às aulas de artes.

No entanto, qualquer processo educativo, tanto com crianças quanto com jovens e adultos, deve ter suas bases nesse saber sensível, porque é somente através dele que o(a) aluno(a) abre-se a um conhecimento mais formal, mais reflexivo.

Olhar, escutar, tocar, cheirar e saborear são as aberturas para nosso mundo interior. Ler e declamar poesia, escutar música, ilustrar textos com desenhos e colagens, jogar, dramatizar histórias, conversar sobre pinturas e fotografias são algumas atividades que favorecem o despertar desse *saber sensível*.

A segunda espécie de saber dos alunos jovens e adultos é o *saber cotidiano*. Por sua própria natureza, ele se configura como um saber reflexivo, pois é um saber da vida vivida, saber amadurecido, fruto da experiência, nascido de valores e princípios éticos, morais já formados, anteriormente, fora da escola.

O saber cotidiano possui uma concretude, origina-se da produção de soluções que foram criadas pelos seres humanos para os inúmeros desafios que enfrentam na vida e caracteriza-se como um saber aprendido e consolidado em modos de pensar originados do dia-a-dia. Esse saber, fundado no cotidiano, é uma espécie de saber das ruas, freqüentemente assentado no “senso comum” e diferente do elaborado conhecimento formal com que a escola lida. É também um conhecimento elaborado, mas não sistematizado. É um saber pouco valorizado no mundo letrado, escolar e, freqüentemente, pelo próprio aluno.

No entanto, na formação do indivíduo crítico e reflexivo, principalmente na modalidade EJA, a escola tem a necessidade e a obrigação de valorizar o saber sensível e o saber cotidiano do educando, estimulando-o a desenvolver uma prática reflexiva que o leve à elaboração do saber formal. Esse processo só é possível através da utilização de uma metodologia adequada à situação específica desses indivíduos que, não sendo mais crianças, possuem, em geral, falhas no seu desenvolvimento cognitivo advindas de um processo de ensino aprendizagem formal incompleto, fragmentado.

A educação de jovens e adultos, visando à transformação necessária, com o objetivo de cumprir de maneira satisfatória sua função de preparar jovens e adultos para o exercício da cidadania e para o mundo do trabalho, necessita de mudanças significativas. Nesse sentido, a Lei 9394/96, no Parecer CEB 11/00, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos e na Deliberação 08/00 CEB cumpre um importante papel, mas não é tudo. É preciso a formação de professores e profissionais aptos a lidar com esse indivíduo dentro da escola, respeitando seus conhecimentos prévios; adaptando sua metodologia para lidar com ele/ela; reestruturando seu currículo na busca por uma formação mais adequada a esse perfil; identificando formas de manter esse indivíduo no espaço escolar; utilizando um material didático capaz de estimular sua curiosidade e sua atitude reflexiva.

Nas aulas de Língua portuguesa do Ensino Médio há diferentes possibilidades de explorar o saber sensível levando o aluno a refletir sobre suas origens, sua vida, seu futuro. Pensar a própria identidade é uma forma de fazer o aluno assumir a responsabilidade sobre sua própria formação e, dessa forma, envolver-se mais ativamente no processo de ensino-aprendizagem. A exploração das diferentes linguagens humanas, a escrita sobre aspectos pontuais de seu passado e de sua formação, a projeção de desejos para o seu futuro são atividades importantes nesse processo. Mas não podem fugir ao fato de que, para atingir realmente o aluno, precisam estar fundamentadas naquilo que eles apresentam de saberes prévios e perspectivas diante da escola. Para conhecer esse universo cabe ao professor, sempre um pesquisador, utilizar de instrumentos adequados de investigação e basear-se nesses dados para a elaboração de sua prática didática.

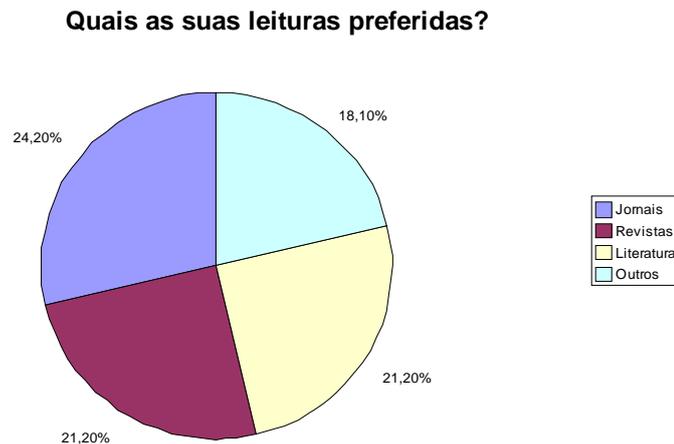
#### **4. CONHECENDO O PERFIL DE LEITOR DE ALUNOS INICIAIS DA MODALIDADE EJA NA UNED ZN**

As aulas na Unidade de Ensino Descentralizada da Zona Norte do CEFET-RN iniciaram-se em meados de 2006 – dentro do processo de expansão das escolas técnicas implementado pelo governo federal – com quatro turmas de ensino técnico de Informática, sendo duas de nível médio na modalidade subsequente e duas de Educação de Jovens e Adultos. A partir dos primeiros contatos entre as professoras e as turmas de EJA, fez-se necessária a aplicação de um questionário que diagnosticasse o perfil de leitura e escrita dos alunos. De posse das respostas ao questionário, as professoras perceberam que a visão que os alunos tinham do ensino-aprendizagem de língua portuguesa estava ligada ao ensino da gramática normativa e que muitos deles não associavam as leituras do cotidiano às suas práticas enquanto leitores e produtores de textos. Algumas das respostas a esse primeiro questionário são apresentadas aqui em comparação com as respostas dadas, a questões semelhantes, feitas em turmas posteriores.

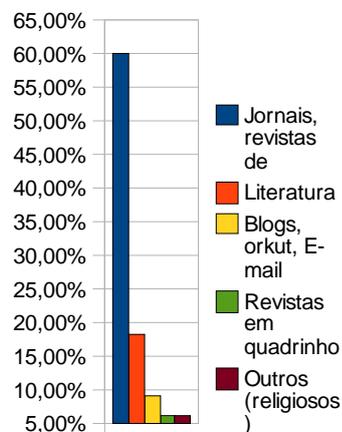
Damos prioridade, aqui, à apresentação de apenas algumas questões que foram aplicadas às turmas, desde a primeira, em 2006.1 até a atual, com entrada em 2008.1.

Tomamos como exemplo, então, as respostas dadas por diferentes turmas que, de certa forma, representam o contingente de alunos dessa modalidade em suas turmas iniciais. Apesar do questionário ter sofrido algumas alterações, essas questões permanecem idênticas em todos os questionários aplicados e os gráficos de cada turma são apresentados em diferentes formatos para ressaltar a diferença de uma turma para a outra.

**GRÁFICO 1 – TURMA DE 2006.1**



**GRÁFICO 2 – TURMA DE 2008.1**

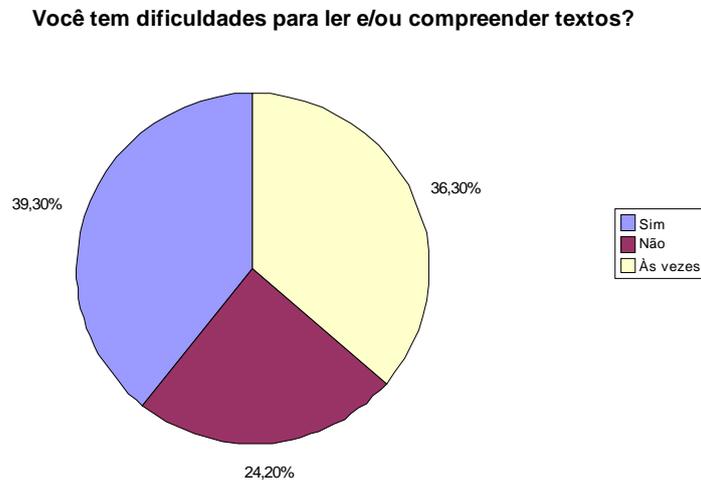


A turma que entrou em 2006.1 apresenta um diferencial em relação às demais por ser composta de grande parte de alunos que já cursavam o Ensino Médio em outras instituições ou que haviam cursado o Ensino Médio anteriormente. O gráfico 1 deixa claro terem, esses indivíduos, contatos com variados tipos de leitura verbal. Mas a resposta predominante quanto ao que costumam ler é, em ambas as turmas, de jornais e revistas.

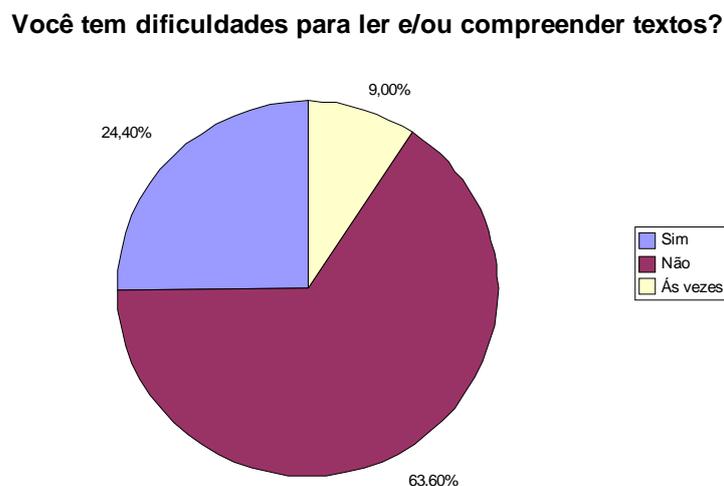
Poucas respostas da turma de 2008.1 apresentam leitura de literatura, menos ainda de blogs, orkut e e-mail que, no gráfico anterior não estão discriminados, porque assim não apareciam no questionário prévio. Esses gráficos parecem indicar pouca familiaridade não só com a literatura, mas com os gêneros textuais digitais. O que nos indica não só a necessidade de explorar textos de caráter jornalístico em nossas atividades didáticas, mas a necessidade de dar ênfase à literatura e aos gêneros digitais, com o objetivo não só de ampliar o seu leque de leitura, mas de contribuir em seu processo de inclusão digital.

Questionada sobre sua dificuldade de compreensão de textos, as turmas de 2006.1 e 2007.1 responderam, em sua maioria, que sentiam dificuldades de ler sempre ou às vezes, conforme demonstram os gráficos 3 e 4, a seguir:

**GRÁFICO 3 – TURMA DE 2006.1**



**GRÁFICO 4 – TURMA DE 2007.1**



Se lêem, então, esses alunos demonstram e afirmam ter grande dificuldade de compreender o que lêem. Se eles sentem dificuldade de ler, como podem ter esse hábito? O que percebemos é que, não é importante apenas o acesso a variados tipos de gêneros textuais, esses indivíduos precisam ter treinada a sua capacidade de observação, de concentração e, conseqüentemente, a sua percepção crítica.

Esses são apenas exemplos das respostas obtidas e das considerações que elas instigaram à professora de Língua Portuguesa em seu processo de trabalho com as turmas da Modalidade EJA. A partir dessas análises a prática de ensino de Língua Portuguesa tem servido como um constante processo de experiência em que atividades são

elaboradas, aplicadas em sala de aula, revistas e reelaboradas a partir de uma metodologia que também está em processo de construção.

## **5. DA ANÁLISE DOS DADOS À PRÁTICA DA SALA DE AULA**

Decidida a aplicar o ensino de gramática à leitura e à produção de textos, a professora passou a elaborar atividades que tivessem como elementos geradores dos conteúdos da disciplina um texto. Este texto deveria levar a uma reflexão sobre a própria identidade que, por sua vez, culminaria na produção de outros textos.

Os textos escolhidos tomaram por base uma noção ampla de textos que englobam as várias linguagens humanas, tais como filmes, documentários, quadros, gravuras, entre outros, além dos diversos gêneros textuais escritos. Da mesma forma, as produções textuais realizadas pelos alunos envolviam essas várias dimensões da linguagem, não se restringindo tão somente à produções escritas. As atividades, dessa forma, enfocavam não apenas a produção escrita, mas estimulavam outras habilidades, como a expressão oral e o trabalho com a memória, por exemplo.

Também foi uma decisão metodológica realizar a prática da refação textual nas produções escritas, de forma que os alunos se sentissem motivados a identificar, refletir, realizar pesquisas e, posteriormente, corrigir suas próprias produções, melhorando as notas inicialmente atribuídas à atividade. Nesta etapa de trabalho, muitas vezes fez-se necessário retomar noções básicas de gramática, tais como pontuação, acentuação, concordância, etc. Notou-se também que os alunos se sentiram mais motivados a aprender, pois passaram a vincular o estudo da gramática à necessidade de se expressar de modo formal em situações práticas da vida. A noção de formalidade e informalidade, com relação ao uso da língua, sobretudo, passou também a nortear a reflexão dos alunos, a partir do momento em que estes começavam a perceber os diversos usos da língua e suas variedades não como erro, mas como variantes aceitas em determinadas situações.

Paralelamente, a professora iniciou as suas atividades de pesquisa a partir de uma revisão bibliográfica sobre o Ensino Médio Integrado, sobre PROEJA e elaboração de materiais didáticos (jogos e atividades) que constituam instrumentos adequados ao ensino de Língua Portuguesa inicial para alunos da Modalidade EJA do CEFET – RN. Ao mesmo tempo, elaborando uma pesquisa-ação, aplicava essas atividades ao longo das aulas regulares de Língua Portuguesa, observando a receptividade dos alunos e o desenvolvimento de suas habilidades e competências na área de Língua Portuguesa. A partir dessa observação, está sendo possível, paulatinamente, reelaborar as atividades aplicadas e organizar um banco de dados disponível, a princípio, para os professores da Uned-ZN e, também, compartilhar atividades e reflexão sobre o processo da pesquisa e seus resultados através de eventos acadêmico-científicos.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Trabalhar a língua portuguesa não é apenas reproduzir conhecimentos já cristalizados, é discutir cotidianamente o sujeito e seu estar no mundo, seja esse sujeito o professor, voltado para uma reflexão sobre sua prática, seja, o aluno, que precisa estar inserido em um processo que o faça desenvolver seu espírito crítico. É o pensar a prática e os sujeitos envolvidos nessa prática que visa todo o processo aqui apresentado.

A partir desse pensar, elaborar atividades que possam, de fato, atender à demanda dos alunos e alunas da Modalidade EJA. Que partam, por exemplo, da identificação de conflitos entre as respostas dadas aos questionários e a atitude diária desses alunos e busquem, para além dos conflitos os dados que eles nos fornecem para subsidiar uma prática transformadora, como o fato de suas respostas demonstrarem que eles consideram a leitura algo importante em sua prática diária e preferirem, em linhas gerais, textos que possam instigá-los, levando-os a interpretações mais reflexivas ou gerando atividades lúdicas.

Mas, para além de conflitos, espera-se, pesquisando sobre essa modalidade e sobre esses indivíduos, prover um ambiente de constante reflexão sobre o ensino de Língua Portuguesa no nível médio integrado para a Modalidade EJA e prover elementos para a compreensão dos problemas ligados à recepção e manutenção desses alunos na escola a partir de uma prática que os leve a refletir sobre sua identidade e seus projetos de futuro.

## REFERÊNCIAS

1. AZEVEDO, I. B. **O prazer da produção científica:** diretrizes para a elaboração de trabalhos científicos. 10. ed. São Paulo: Hagnos, 2004.
2. ARROYO, Miguel Gonzáles. Educação de Jovens-Adultos: Um campo de direitos e de responsabilidades públicas. In: SOARES, Leôncio et al. **Diálogos da educação de jovens e adultos.** Belo Horizonte: Autêntica. 2005.
3. BECHARA, Evanildo. **Gramática escolar da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Lucerna, 2001.
4. BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros curriculares Nacionais para o ensino médio.** Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
5. BRASIL/MEC/SETEC. Decreto 5.154/2004. In. **Educação profissional e tecnológica: legislação básica.** 6. ed. Brasília: SETEC, 2005.
6. BRASIL/MEC/SETEC. **Trabalhando com a educação de jovens e adultos:** alunas e alunos da EJA. Brasília: SETEC, 2006.
7. \_\_\_\_\_. Decreto 5.154/2004. In. **Educação profissional e tecnológica: legislação básica.** 6. ed. Brasília: SETEC, 2005.
8. CERQUEIRA, Teresa Cristina Siqueira. O professor em sala de aula: reflexão sobre os estilos de aprendizagem e a escuta sensível. In: **Psic.** [online]. jun. 2006, vol.7, no.1, p.29-38. Disponível em: [http://pepsic.bvspsi.org.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S167673142006000100005&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvspsi.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167673142006000100005&lng=pt&nrm=iso) ISSN 1676-7314. Acesso: 08 de setembro, 2007.
9. CIAVATTA, Maria. A formação integrada: escola e o trabalho como lugares de memória e de identidade. In: FRIGOTTO, Gaudêncio; CIAVATTA, Maria; RAMOS, Marise. (Orgs.). **Ensino médio integrado: concepções e contradições.** São Paulo: Cortez, 2005.

10. DIONÍSIO, Ângela Paiva; MACHADO, Anna Rachel; BEZERRA, Maria Auxiliadora (org.). **Gêneros textuais e ensino**. 3. ed. Rio de Janeiro, Lucerna, 2005.
11. FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1970, 23ª Edição, 1996.
12. IBAIXE, Carmensita de Souza Bueno; SOLANOWSKI, Marly; IBAIXE JR., João. **Preparando aulas**: manual prático para professores, passos para a formação do educador. São Paulo: Madras, 2006.
13. LUCENA, Ivone Tavares de. **Fiando as tramas do texto**. João Pessoa: Edições CCHLA, 2004.

## **KIT EDUCACIONAL PARA CONTROLE E SUPERVISÃO APLICADO A NÍVEL**

**Jonathan Paulo Pinheiro Pereira**

Pesquisador do CEFET-RN, Eng. de Computação, Especialista em Engenharia Elétrica

[jonathan@cefetrn.br](mailto:jonathan@cefetrn.br)

**Bruno de Paiva e Silva Castro**

Técnico em Mecânica, Estudante de Automação Industrial/CEFET-RN.

[brunogessinger@hotmail.com](mailto:brunogessinger@hotmail.com)

---

### **RESUMO**

A necessidade de equipamentos didáticos para utilização em aulas práticas nas disciplinas de Controle de Processos e Sistemas Supervisórios de baixo custo se justifica pela ausência no mercado e pelos elevados preços. Este trabalho apresenta um kit didático aplicado controle de variável de nível. Na indústria, sistemas de supervisão e controle são muito presentes, podendo ser encontrados nas mais diversas aplicações para controle térmico de caldeiras, supervisão e controle de vasos de pressão e controle de nível de reservatórios de petróleo. Portabilidade é o fator principal no projeto do kit. Este é formado por um CLP responsável pela comunicação com o PC, uma fonte ATX para alimentação dos circuitos de acionamento e um conjunto de dois reservatórios. O elemento final de controle constitui-se de uma bomba de corrente contínua. O sistema conta ainda com uma válvula que servirá para introduzir perturbações ao sistema de controle de nível. O kit possibilitará ao aluno a construir uma aplicação em um aplicativo supervisório e será capaz de implementar um sistema de controle Proporcional – Integral, PI, observando o comportamento do sistema através gráficos e diagramas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle, Supervisório, Kit Didático.

### **EDUCATIONAL KIT FOR CONTROL AND SUPERVISION APPLIED TO LEVEL**

#### **ABSTRACT:**

Given the need of educational tools for utilization in disciplines of the Process Control and Supervisory Systems and having in mind them elevated prices of those equipments in the specialized market, proposed the project and implementation of a educational kit applied the variable level, with main objective of supply this deficiency. In the automatic industry, systems of supervision and control are much present, being able to be found in the most diverse application, as by example: thermal systems control of boilers, supervision and pressure control and oil reservoirs level control. The project has for purpose the implementation of a kit that will serve of instrument in the disciplines of control and supervisory systems, enabling a bigger interaction of the student with the practical object of study of those disciplines. Portability is the main factor in the project of the kit. This it is formed by a CLP responsible by the communication with the PC, a PC supply ATX for the circuits and an assembly of two reservoirs.

**KEY-WORDS:** Control, Supervisory, Educational Kit.

## KIT EDUCACIONAL PARA CONTROLE E SUPERVISÃO APLICADO A NÍVEL

### INTRODUÇÃO

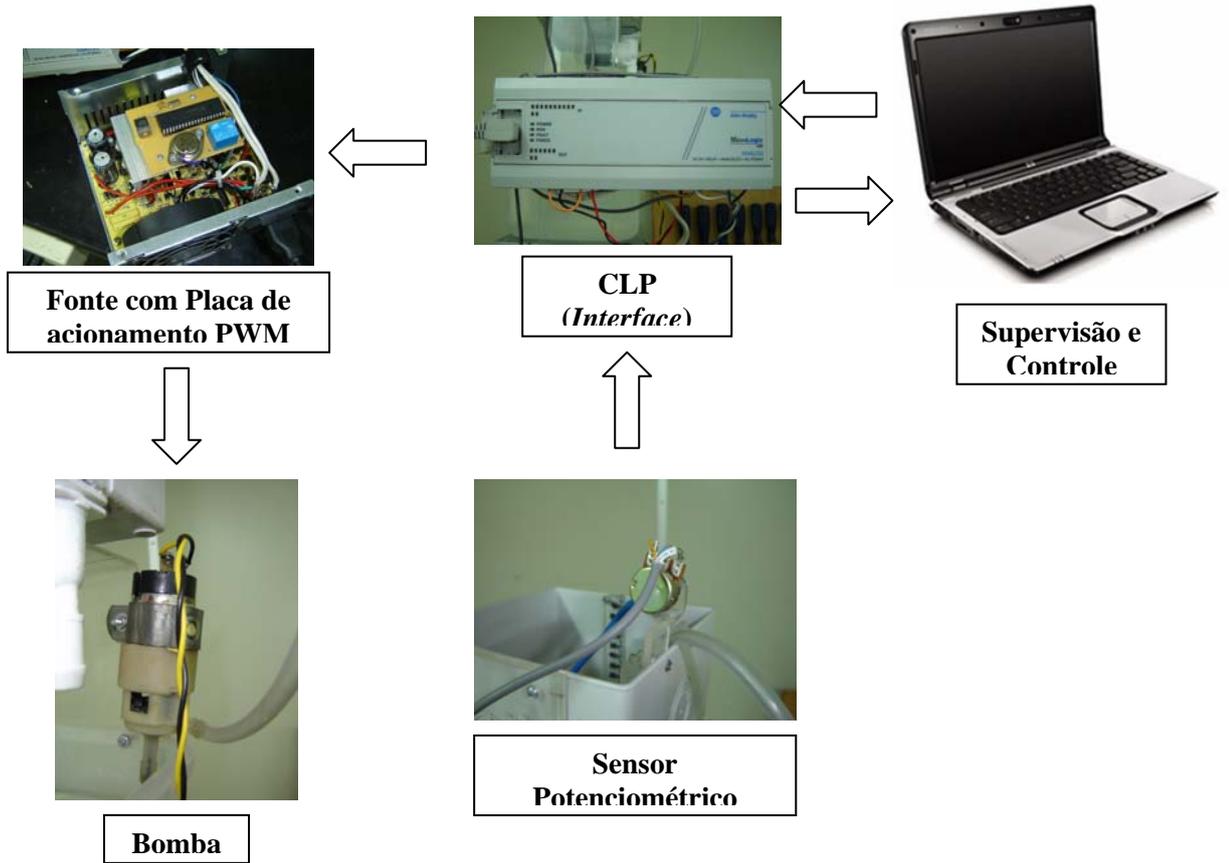
A determinação do nível e o seu controle são pontos bastantes comuns observados em processos industriais como nas indústrias químicas, petróleo, papel, alimentos, têxtil, tratamento de água e no tratamento de efluentes, pois envolvem o controle operacional ou controle de custo. O nível de líquido é, em geral, expresso como uma medida de comprimento em relação a uma referência (base de um tanque, por exemplo). No processo de abastecimento de água, por exemplo, os reservatórios têm como principais funções operar como reguladores da distribuição, atendendo à variação horária do consumo, assegurando uma reserva d'água para combate a incêndio, mantendo uma reserva para atender as condições de emergência, atender à demanda no caso de interrupções de energia elétrica e a manutenção de pressões na rede distribuidora. Geralmente os reservatórios demandam controle de nível a fim de mantê-lo cheios de forma a não extravasarem. Os sistemas mais comuns são os de bóia ligados a sinaleiros ou a controles elétrico-eletrônicos de comando das bombas que os abastecem. Sistemas de aquisição de dados poderão ser utilizados com a finalidade de obter as informações necessárias para o bom funcionamento do sistema.

Nos cursos técnicos e tecnológicos oferecidos pelo CEFET-RN na área da indústria, como Tecnologia em Automação Industrial, curso técnico em Petróleo e técnico de Mecânica, grande parte da disciplina de instrumentação e controle de processos é dada de forma teórica. Observou-se, portanto uma grande necessidade de uma ferramenta didática, prática e portátil para simulação de plantas de processos industriais, bem como a implementação e ajuste de controladores. Diante disso foi criada um mini-kit didático para preencher essa lacuna que é apresentado na tentativa de melhorar em aspectos didáticos as disciplinas de controle e controle de processos.

### DESCRIÇÃO DO KIT

O modelo didático é formado por um conjunto de dois reservatórios montados um sobre o outro. O Elemento responsável pela *interface* PC-PLANTA é um CLP (Controlador Lógico Programável). O controle é aplicado para regular, segundo um valor de referência o nível do reservatório superior, as informações utilizadas na realimentação do sistema são obtidas por um sensor potenciométrico acoplado a um sistema de bóia. Para supervisão utiliza-se uma aplicação desenvolvida no *software* INTOUCH<sup>®</sup>. Como elemento final de controle utiliza-se uma bomba alimentada por uma fonte ATX de PC, fazendo uso da técnica de modulação por largura de pulso.

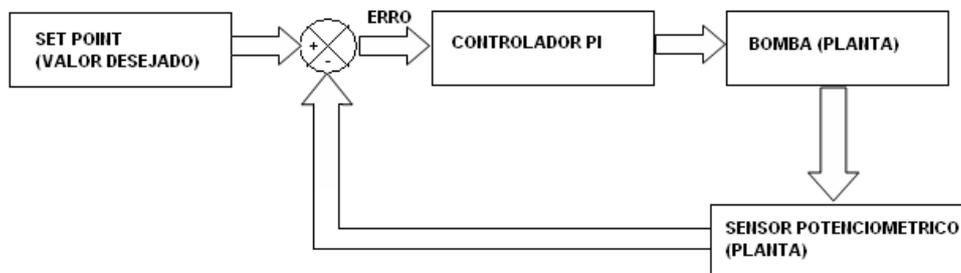
Um sistema microcontrolado recebe uma informação analógica do CLP e converte essa informação em uma onda quadrada de ciclo ativo variável que é aplicada sistema transistorizado que chaveia a bomba, produzindo uma vazão variável proporcional ao nível de tensão informado pelo CLP. A figura abaixo apresenta uma visão geral de todos os elementos do kit e suas dependências.



**Figura 1 – Visão geral dos elementos integrantes do kit**

Todo o sistema é operado e intertravado pelo aplicativo supervisorio. Nesse aplicativo são mostrados ao usuário os valores de todas as variáveis do sistema, bem como dados da bomba, alarmes, gráficos de tendência, além de todos os parâmetros do controlador didático.

O sistema realiza as operações matemáticas do controlador no aplicativo de supervisão enviando em seguida esse resultado para o CLP que por sua vez irá informar a bomba a velocidade necessária que ela deve atingir para que o nível desejado seja alcançado.



**Figura 2 – Diagrama de blocos que representa o sistema**

Visto em diagrama de blocos o sistema consta de um sistema clássico de controle aplicando a técnica PI (Proporcional Integral) como pode ser visto na figura acima. Abaixo a figura mostra o kit montado.



**Figura 3 – Kit educacional para controle e supervisão aplicado a nível.**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ELONKA, Stephen M e Par, Alonzo R. Manual de instrumentação. Vol 1.
2. <http://www.ene.unb.br/~gaborges/disciplinas/ca/seminarios/2005.1/inversores.doc>. Arquivo capturado em 11 de julho de 2006.
3. RIBEIRO, Marco Antônio. Apostila do SENAI –ES.
4. SILVA, Walmy André Cavalcante Melo. Aula 04, Visão Geral do Protocolo Modbus. Disponível na internet via WWW. URL: [http://www.cefetrn.br/~walmy/RI\\_A4.pdf](http://www.cefetrn.br/~walmy/RI_A4.pdf). Capturado em 19 de julho de 2006.

**ANÁLISE EM MALHA FECHADA DO CONTROLADOR GENERALIZED  
PREDICTIVE CONTROL (GPC)**

**Anderson Luiz de Oliveira Cavalcanti**

Mestre em Engenharia Elétrica. Professor do CEFET – RN. E-mail: anderson@cefetrn.br.

**Rafael Chaves de Sousa Ichihara**

Aluno do curso de Tecnologia em Automação Industrial do CEFET – RN. Bolsista PIBITI. E-mail: rafael\_ichihara@hotmail.com.

---

**RESUMO**

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar uma análise em malha fechada do controlador *Generalized Predictive Control* (GPC). Esta análise visa observar, com detalhes, as características deste tipo de controlador. Os detalhes apresentados são de extrema importância na análise de estabilidade robusta. Alguns resultados de simulação são apresentados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle preditivo, sistemas em malha fechada.

**CLOSED-LOOP ANALYSIS OF GENERALIZED PREDICTIVE CONTROL  
(GPC)**

**ABSTRACT**

This paper presents a closed loop analysis of Generalized Predictive Control GPC. This analysis observes, in details, the features of this kind of predictive controller. The details showed are very important in robust stability analysis. Simulation results are shown.

**KEY-WORDS:** Predictive control, closed-loop systems.

## ANÁLISE EM MALHA FECHADA DO CONTROLADOR GENERALIZED PREDICTIVE CONTROL (GPC)

### INTRODUÇÃO

O controlador preditivo generalizado (GPC) foi proposto por (Clarke et al., 1987) com o intuito de suprir deficiências apresentadas pelos controladores preditivos existentes. O GPC vem se tornando um dos controladores mais populares tanto na indústria quanto na academia devido ao sucesso em aplicações industriais (Volk *et al.*, 2004) e (Richalet, 1993), principalmente em sua abordagem multivariável e com tratamento de restrições.

O controlador em questão utiliza um modelo paramétrico do tipo Auto-regressivo, integral, média móvel, com sinal exógeno (ARIMAX) e seu algoritmo calcula uma seqüência de ações de controle que minimizam uma certa função objetivo multi-passo. Esta função objetiva é definida dentro de um horizonte de predição, com ponderação da ação de controle. O conceito de horizonte móvel (ou horizonte retrocedente) é empregado neste controlador. Este trabalho irá apresentar a formulação clássica do GPC na sua forma monovariável, ressaltando detalhes de desempenho em malha fechada do mesmo.

### FORMULAÇÃO DO CONTROLADOR

Um modelo linear descreve o comportamento de um sistema dinâmico em torno de um determinado ponto de operação. Existem diversas formas de representação, através de modelos lineares, de um sistema dinâmico. O GPC se baseia no modelo ARIMAX o qual, sua forma (SISO), é apresentado:

$$A(q^{-1})y(k) = q^{-d} B(q^{-1})u(k-1) + C(q^{-1})\frac{e(k)}{\Delta} \quad \text{equação (1)}$$

em que  $q^{-1}$  representa o operador de atraso;  $y(k)$  representa a saída do sistema no instante  $k$ ;  $u(k)$  representa a entrada do sistema no instante  $k$ ;  $\Delta$  representa o operador de integração, sendo dado por  $\Delta = 1 - q^{-1}$ ;  $d$  representa o atraso natural, em múltiplos do período de amostragem;  $e(k)$  representa a presença, no instante  $k$ , de um ruído branco de média zero e variância  $\sigma^2$ .

Os polinômios  $A(q^{-1})$ ,  $B(q^{-1})$  e  $C(q^{-1})$  são dados por:

$$A(q^{-1}) = 1 + a_1 q^{-1} + \dots + a_{na} q^{-na} \quad \text{equação (2)}$$

$$B(q^{-1}) = b_0 + b_1 q^{-1} + \dots + b_{nb} q^{-nb} \quad \text{equação (3)}$$

$$C(q^{-1}) = 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc} \quad \text{equação (4)}$$

em que  $na$ ,  $nb$  e  $nc$  são os graus dos polinômios  $A(q^{-1})$ ,  $B(q^{-1})$  e  $C(q^{-1})$ , respectivamente.

O modelo apresentado em (1) ainda pode ser representado da seguinte forma:

$$\tilde{A}(q^{-1})y(k) = q^{-d} B(q^{-1})\Delta u(k-1) + C(q^{-1})e(k) \quad \text{equação (5)}$$

em que  $\tilde{A}(q^{-1}) = \Delta A(q^{-1})$ . Por uma questão de simplicidade, neste trabalho, apenas o caso particular em que  $C(q^{-1})=1$  é apreendido e implementado. Neste caso, o modelo apresentado em (5) se resumiria a:

$$\tilde{A}(q^{-1})y(k) = q^{-d}B(q^{-1})\Delta u(k-1) + e(k) \quad \text{equação (6)}$$

A partir do modelo definido em (6), uma predição  $i$ -passos à frente do sinal de saída do sistema é definida multiplicando (6) por  $q^i$ :

$$\tilde{A}(q^{-1})y(k+i) = q^{-d}B(q^{-1})\Delta u(k+i-1) + e(k+i) \quad \text{equação (7)}$$

Na equação apresentada em (7),  $y(k+i)$  depende de valores passados e futuros das variáveis, ou seja, entrada, saída e ruído. Em contrapartida, é sabido que a melhor estimativa de  $y(k+i)$ , ou seja,  $\hat{y}(k+i)$ , deve satisfazer a seguinte condição:

$$\hat{y}(k+i) = \min_r \varepsilon \left\{ [y(k+i) - r]^2 \right\} \quad \text{equação (8)}$$

cuja solução é dada por:

$$\hat{y}(k+i) = \varepsilon \{ y(k+i) \} \quad \text{equação (9)}$$

O estimador apresentado é conhecido como estimador de Bayes, ou estimador de risco quadrático mínimo. Assim, quando  $e(k)$  é um ruído branco, gaussiano, de média zero, a melhor estimativa de  $y(k+i)$ , é o seu valor determinístico. Dessa forma, com o objetivo de separar a dependência de  $y(k+i)$ , das informações passadas e futuras, introduz-se a seguinte identidade polinomial, conhecida como equação diofantina:

$$\frac{1}{\tilde{A}(q^{-1})} = E_i(q^{-1}) + q^i \frac{F_i(q^{-1})}{\tilde{A}(q^{-1})} \quad \text{equação (10)}$$

sendo:

$$E_i(q^{-1}) = e_{i,0} + e_{i,1}q^{-1} + \dots + e_{i,i-1}q^{-(i-1)} \quad \text{equação (11)}$$

$$F_i(q^{-1}) = f_{i,0} + f_{i,1}q^{-1} + \dots + e_{i,na}q^{-(na-1)} \quad \text{equação (12)}$$

Substituindo (10) em (7) tem-se:

$$y(k+i) = q^{-d}B(q^{-1})E_i(q^{-1})\Delta u(k+i-1)F_i(q^{-1})y(k) + E_i(q^{-1})e(k+i) \quad \text{equação (13)}$$

Devido ao fato de o grau de  $E_i(q^{-1})$  ser  $i-1$ , então o termo referente ao ruído, na expressão anterior, refere-se ao futuro, de forma que a melhor predição de  $y(k+i)$  é:

$$\hat{y}(k+i) = q^{-d}B(q^{-1})E_i(q^{-1})\Delta u(k+i-1) + F_i(q^{-1})y(k) \quad \text{equação (14)}$$

Fazendo  $H_i(q^{-1}) = E_i(q^{-1})B(q^{-1})$ , teremos:

$$\hat{y}(k+i) = H_i(q^{-1})\Delta u(k-d+i-1) + F_i(q^{-1})y(k) \quad \text{equação (15)}$$

Fazendo  $H_i(q^{-1}) = H_{f,i}(q^{-1}) + q^{-i}H_{p,i}(q^{-1})$  teremos que:

$$\hat{y}(k+i) = H_{f,i}(q^{-1})\Delta u(k-d+i-1) + H_{p,i}(q^{-1})\Delta u(k-d-1) + F_i(q^{-1})y(k) \quad \text{equação (16)}$$



obtenção da matriz  $H$ , visto que a mesma pode ser obtida a partir da resposta ao degrau unitário do sistema.

A função objetivo mostrada na equação (17) pode ser reescrita da seguinte forma matricial:

$$J(\Delta U) = (\hat{Y} - R)^T (\hat{Y} - R) + \lambda \Delta U^T \Delta U \quad \text{equação (21)}$$

em que  $R = [r(k+1) \quad r(k+2) \quad \dots \quad r(k+NY)]^T$ . Substituindo (19) em (21) teremos:

$$J(\Delta U) = (F + H\Delta U - R)^T (F + H\Delta U - R) + \lambda \Delta U^T \Delta U \quad \text{equação (22)}$$

A equação (22) ainda pode ser reescrita da seguinte forma:

$$J(\Delta U) = \frac{1}{2} \Delta U^T G \Delta U + f^T \Delta U + c \quad \text{equação (23)}$$

em que  $G = 2(H^T H + \lambda I)$ ;  $f^T = 2(F - R)^T G$  e  $c = (F - R)^T (F - R)$

A solução analítica de (23), na ausência de restrições, é obtida a partir do cálculo do gradiente  $\partial J / \partial \Delta U$ . O gradiente apresentado é igualado a zero, o que produz a seguinte solução ótima:

$$\Delta U = G^{-1} f = (H^T H + \lambda I)^{-1} H (F - R) \quad \text{equação (24)}$$

É importante observar que a matriz  $(H^T H + \lambda I)$  é sempre inversível para  $\lambda > 0$  e que o parâmetro  $\lambda$  regula a “agressividade” do controlador. Outro detalhe importante a ser observado é que se  $(F - R) = 0$ , ou seja, se a evolução livre do sistema atinge o objetivo, não há incrementos de controle calculados.

Como o GPC faz uso do princípio do horizonte móvel, apenas o primeiro elemento da seqüência  $\Delta U$  é enviado ao processo. O primeiro elemento da referida seqüência pode ser calculado da seguinte forma:

$$\Delta u(k) = K(F - R) \quad \text{equação (25)}$$

em que  $K$  é a primeira linha da matriz  $(H^T H + \lambda I)^{-1} H$ .

## ANÁLISE EM MALHA FECHADA

Para a análise em malha fechada, consideraremos a trajetória de referência  $R$  como constante. Dessa forma, podemos reescrever (25) da seguinte forma:

$$\Delta u(k) = [k_1 \quad k_2 \quad \dots \quad k_N] \begin{bmatrix} R - F_{d+1}(q^{-1})y(k) - H_{p,d+1}(q^{-1})\Delta u(k-1) \\ R - F_{d+2}(q^{-1})y(k) - H_{p,d+2}(q^{-1})\Delta u(k-1) \\ \vdots \\ R - F_{d+N}(q^{-1})y(k) - H_{p,d+N}(q^{-1})\Delta u(k-1) \end{bmatrix} \quad \text{equação (26)}$$

ou ainda:

$$\Delta u(k) = k_1 R - k_1 F_{d+1}(q^{-1})y(k) - k_1 H_{p,d+1}(q^{-1})\Delta u(k-1) - \dots - k_N R - k_N F_N(q^{-1})y(k) - k_N H_{p,N}(q^{-1})\Delta u(k-1) \quad \text{equação (27)}$$

Colocando  $R$  em evidência, teremos que:

$$\Delta u(k) = R\bar{K} - F_s(q^{-1})y(k) - \Delta u(k-1)H_s(q^{-1}) \quad \text{equação (28)}$$

em que:

$$F_s(q^{-1}) = \sum_{i=1}^N k_i F_{i+d}(q^{-1}) \quad \text{equação (29)}$$

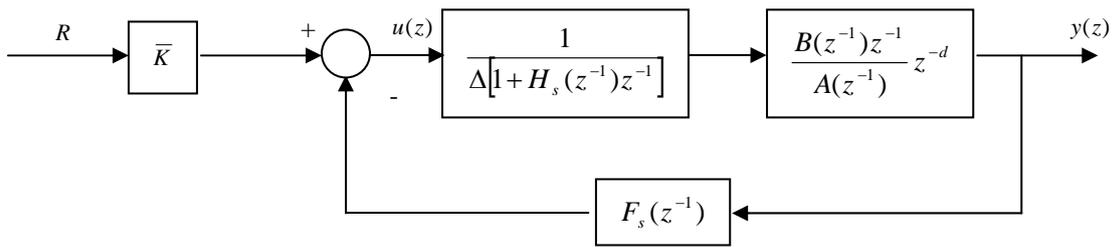
$$H_s(q^{-1}) = \sum_{i=1}^N k_i H_{p,i+d}(q^{-1}) \quad \text{equação (30)}$$

$$\bar{K} = \sum_{i=1}^N k_i \quad \text{equação (31)}$$

Escrevendo (28) no domínio da transformada  $z$  e em função de  $u(z)$  temos que:

$$u(z^{-1}) = \frac{R\bar{K} - F_s(z^{-1})y(z)}{\Delta[1 + H_s(z^{-1})z^{-1}]} \quad \text{equação (32)}$$

O diagrama de blocos da Figura 1 representa a equação (32).



**Figura 1 – GPC – Malha fechada**

A partir do diagrama de blocos da Figura 1, observa-se que o GPC é formado por um pré-compensador estático  $\bar{K}$  e que a saída realimentada é filtrada por  $F_s(z^{-1})$ . A pré-compensação  $\bar{K}$  é um ganho transducional para que o sinal realimentado se adeque ao ganho estático do filtro  $F_s(z^{-1})$ . A ação integral é mostrada de forma explícita na figura em questão.

## RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Considerando um sistema cujo modelo linear que o descreve, com período de amostragem de  $0.1s$ , é dado por:

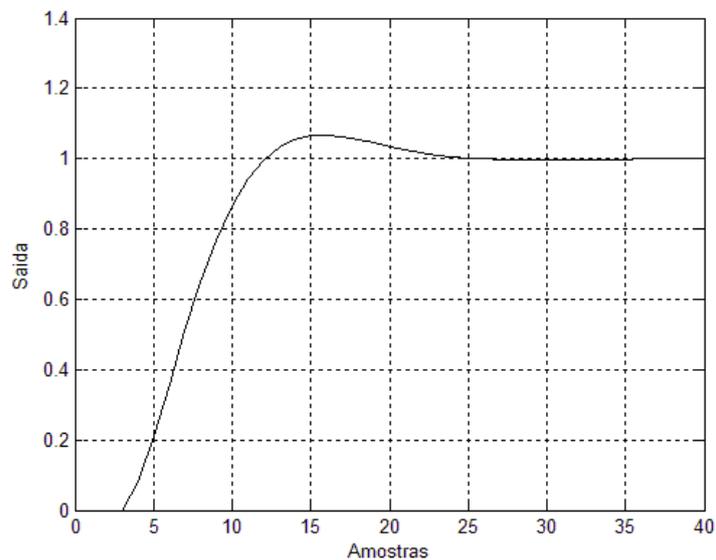
$$G(z^{-1}) = \frac{0.09878z^{-1} - 0.07434z^{-2}}{1 - 1.646z^{-1} + 0.6703z^{-2}} z^{-2}$$

Neste caso, sua representação através de um modelo ARIMAX é dada pelos seguintes polinômios:

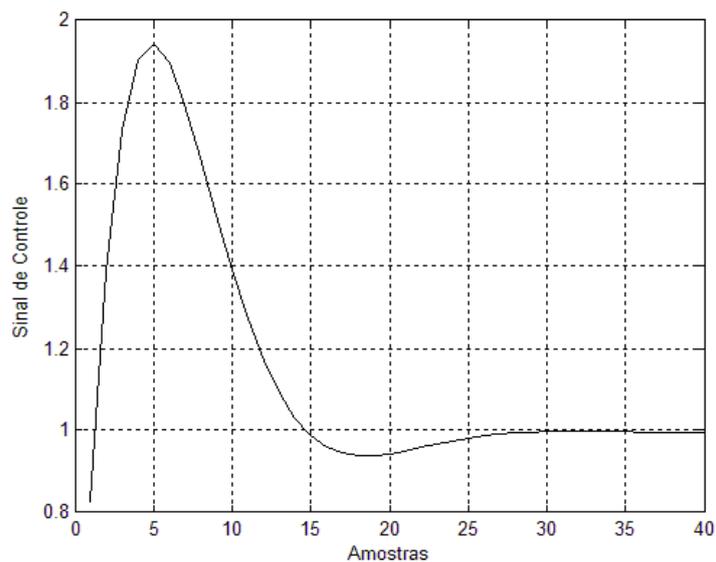
$$A(q^{-1}) = 1 - 1.646q^{-1} + 0.6703q^{-2}$$

$$B(q^{-1}) = 0.09878 - 0.07434q^{-1}$$

O modelo em questão informa que o sistema possui atraso  $d = 2$ . Dessa forma, podemos definir os seguintes parâmetros para predição:  $N_1 = d + 1 = 3$ ,  $NY = 2 + N$  e  $NU = N$ . Para essa simulação, foi escolhido  $N = 6$ . A Figura 1 e a Figura 2 mostram a simulação utilizando o controlador GPC apresentado. Uma ponderação  $\lambda = 1$  sobre o sinal de controle foi escolhida. A referência aplicada foi um degrau unitário  $R = 1$ .



**Figura 1** – Sistema SISO controlado com GPC Linear



**Figura 2** – Sinal de controle do sistema SISO controlado com GPC Linear

Em malha fechada, os parâmetros apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são:

$$\bar{K} = 0.8264$$

$$F_s(q^{-1}) = 11.2140 - 16.6629z^{-1} + 6.2753z^{-2}$$

$$H_s(q^{-1}) = 0.3190 + 0.3679z^{-1} - 0.6960z^{-2}$$

## CONCLUSÕES

A análise apresentada neste trabalho viabiliza o estudo da estabilidade robusta do GPC. Este controlador possui certo grau de robustez. A literatura tem mostrado, no entanto, que diversas técnicas vêm melhorando o desempenho deste controlador. Uma das técnicas bastante conhecidas é a substituição do cálculo tradicional da resposta livre por um Preditor de Smith, também conhecido como SPGPC. O entendimento detalhado da formulação do GPC em malha fechada proporciona também uma melhor compreensão global deste controlador, no sentido da proposição de melhorias para o mesmo em termos de rejeição a perturbações e supressão de ruídos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CLARKE, D. W., MOHTADI, C., TUFFS, P.S. Generalized Predictive Control. Part I. The Basic Algorithm. *Automatica*, 23(2):137-148, 1987.
2. RICHALET, J. Industrial Applications of Model Based Predictive Control. *Automatica*, 29(5):1951-1274, 1993.
3. VOLK, U., KNEISE, D.W., HAHN, R., HABER, R., SCHMITZ, U. Optimized multivariable predictive control of an industrial distillation column considering hard and soft constraints. *Control Engineering Practice*, 13(2005):913-927, 2004.

**CONCRETO LEVE À BASE DE ARGILA EXPANDIDA: PROPRIEDADES E APLICABILIDADE PARA ALVENARIA DE CASAS POPULARES**

**Elton Queiroz Silva**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte

Graduando em Tecnologia em Construção de Edifícios

Fone: 84 88522489

[eltonsorin@hotmail.com](mailto:eltonsorin@hotmail.com)

**Edilberto Vitorino de Borja**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte

[edilberto@cefetrn.br](mailto:edilberto@cefetrn.br)

---

**RESUMO**

Considerando-se as tendências de novos materiais na construção civil, o concreto leve tem sido objeto de vários trabalhos, com ênfase na massa específica, resistência, composição e suas matérias-primas. Inclui-se nesse estudo a alteração de traços e dos materiais que o compõem, com o objetivo de direcionar o seu uso como material portante, mais especificamente como placas (em substituição à alvenaria) para residências populares, levando em consideração a distribuição dos agregados, trabalhabilidade, seu efeito na formação de poros (segregação) e resistência.

Além do aspecto visual do concreto pronto, analisaram-se propriedades físicas (absorção de água, porosidade e massa específica), bem como sua resistência mecânica. Os experimentos foram realizados através da confecção de corpos de prova cilíndricos 10x20cm, com traços, em volume, 1:2:2 / 1:2,5:2,5 e 1:3:3, utilizando-se dois tipos de argila expandida em substituição total ao agregado graúdo. Os resultados mostraram que o uso de argila expandida como agregado graúdo reduz significativamente a densidade do compósito além de manter resistência mecânica apropriada para o uso pretendido na pesquisa, tais como: redução de cargas na fundação, leveza e praticidade no manuseio e resistência à compressão. Conforto térmico e acústico também são propriedades inerentes do material, no entanto não foram objetos de estudo até o presente momento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto Leve, Argila Expandida, Dosagem, Moradia Popular.

**LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH EXPANDED CLAY: PROPERTIES AND APPLICABILITY OF HABITATION CATCHY**

**ABSTRACT**

In this paper, the effect of lightweight aggregate on the mechanical properties, unit weight, compressive strength and composition materials of lightweight concrete was investigated. In order to determine the effect of lightweight aggregate on the mechanical properties of concrete, was molded samples cylindrical bodies 10x20cm, dosage mixtures 1:2:2, 1:2,5:2,5 and 1:3:3 were used by volume. The test results showed that the increasing lightweight aggregate ratio decreased the unit weight and mechanical properties of the concretes when compared among themselves the mixtures.

**KEY-WORDS:** Lightweight concrete, expanded clay, mixtures, habitation catchy.

## **CONCRETO LEVE À BASE DE ARGILA EXPANDIDA: PROPRIEDADES E APLICABILIDADE PARA ALVENARIA DE CASAS POPULARES**

### **INTRODUÇÃO**

A argila expandida é um material produzido através do aquecimento de alguns tipos de argila, numa temperatura próxima de 1200 °C, na qual gases liberados através da decomposição química de uma parte do material, incorporam-se na massa de teor viscoso produzida pela outra, expandindo-a. A massa unitária deste produto torna-se menor do que antes de aquecida, resultando num material que pode ser utilizado como agregado graúdo na produção de concretos leves, reduzindo a massa específica do concreto e, conseqüentemente, o carregamento das estruturas.

É notório que há um vasto campo no que diz respeito ao estudo do concreto, devido ser um material complexo. Estas pesquisas abrangem, principalmente, resistência mecânica e durabilidade. O concreto leve estrutural é um material que possui baixa massa específica se comparado com o concreto convencional, causado pela substituição total ou parcial do agregado convencional (brita) por outro de agregado leve, com densidade variando de 800 a 2000 kg/m<sup>3</sup> e resistência de 7,5 a 25 Mpa.

Em se tratando de construção de moradias populares um aspecto relevante é a exigência de baixo custo desde que associado ao conforto térmico, principalmente na nossa região de clima tropical. Segundo Krüger e Lamberts (2000), a maioria dos programas habitacionais populares instituídos no Brasil não faz diferenciação com relação ao clima das regiões onde as casas serão construídas.

Somados a uma redução dos custos de produção e buscando novas tecnologias para a construção de casas populares, o presente estudo investiga o desempenho e aplicabilidade do concreto leve como material alternativo aos existentes para tal fim, pois além da significativa redução de cargas de fundação, melhora a qualidade da habitação no tocante ao conforto térmico e acústico que são características inerentes do material por se tratar de um material com baixa densidade e porosidade acentuada.

Os traços inicialmente utilizados foram analisados somente sob o ponto de vista do aspecto visual (existência ou não de vazios) e da resistência à compressão. De posse dos traços considerados mais adequados, partiu-se para sua caracterização mais detalhada com relação a absorção de água, massa específica e resistência à compressão. Posteriormente, fez-se estudo comparativo dos traços com o modelo utilizado na dosagem de concreto leve da norma americana ACI 211.2-98.

## METODOLOGIA

Após pesquisas bibliográficas relativas ao uso de concreto leve à base de argila expandida e definição dos materiais a serem utilizados (cimento, areia e argila expandida 2215 e 1506), partiu-se para o processo de aquisição das mesmas (argilas expandidas) diretamente com um fabricante no estado de São Paulo (CINEXPAN), que por se tratar de material pouco utilizado como agregado em concreto, principalmente na região metropolitana de Natal/RN, não se encontra em lojas específicas de materiais para construção.

De posse dos materiais deu-se início a caracterização dos materiais para composição do concreto leve (cimento portland CP II - Z 32, areia média, argilas expandidas denominadas comercialmente como 1506 e 2215 e água). Em seguida, partiu-se para as definições dos traços experimentais. Por se tratar de assunto pouco difundido, não foi possível estabelecer, inicialmente, dosagens experimentais práticas, sendo feitas adaptações dos traços de concretos convencionais para concreto leve. Obviamente que a baixa densidade da argila expandida foi levada em consideração.

Na tabela 1, dispõem-se os traços inicialmente estudados, em volume, e as proporções das argilas expandidas presente em cada formulação. Para todos os traços estudados, foi estabelecido um fator de água/cimento constante de 0,50.

**Tabela 1: Traços compostos para confecção de concreto leve.**

TRAÇOS / FORMULAÇÕES	ARGILA EXPANDIDA UTILIZADA
T-1	1 : 1,5 : 3 <b>1506 e 2215 (50% e 50%)</b>
T-2	1 : 1,5 : 2,5 <b>1506 e 2215 (70% e 30%)</b>
T-3	1 : 2 : 2,5 <b>1506</b>
T-4	1 : 2,5 : 2,5 <b>1506</b>
T-5	1 : 2 : 2 <b>1506</b>

Para cada formulação estudada, moldaram-se 03 (três) corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura para determinação das propriedades físicas (absorção de água, massa específica) e resistência à compressão e análise visual (formação de vazios de concretagem devido fenômeno de segregação).

Com os resultados iniciais destes ensaios, para os traços considerados satisfatórios, moldou-se mais 05 (cinco) corpos de prova, como forma de comprovação dos resultados.

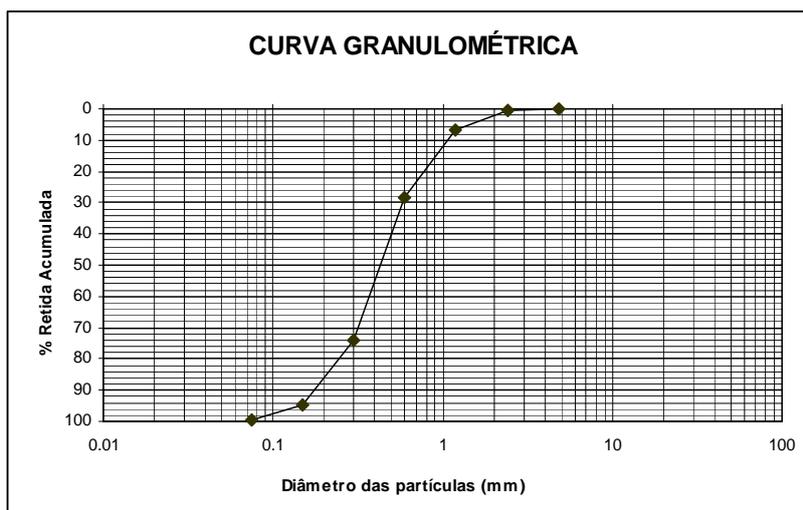
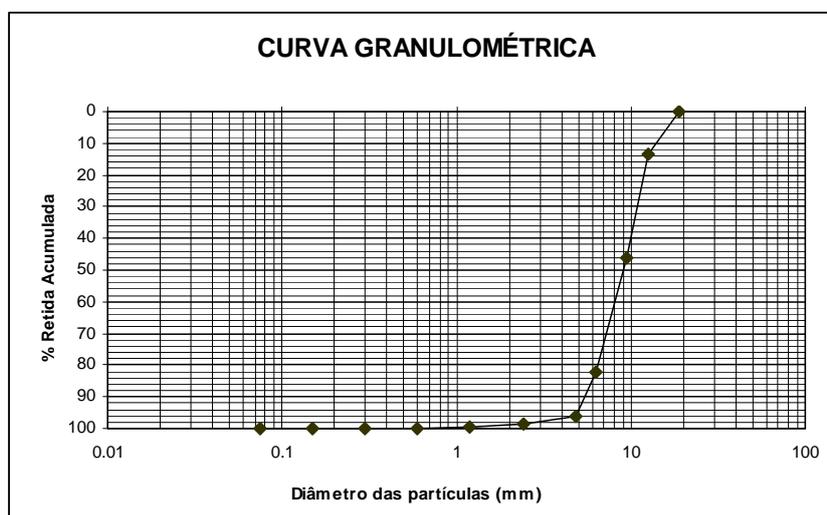
## MATERIAIS E MÉTODO

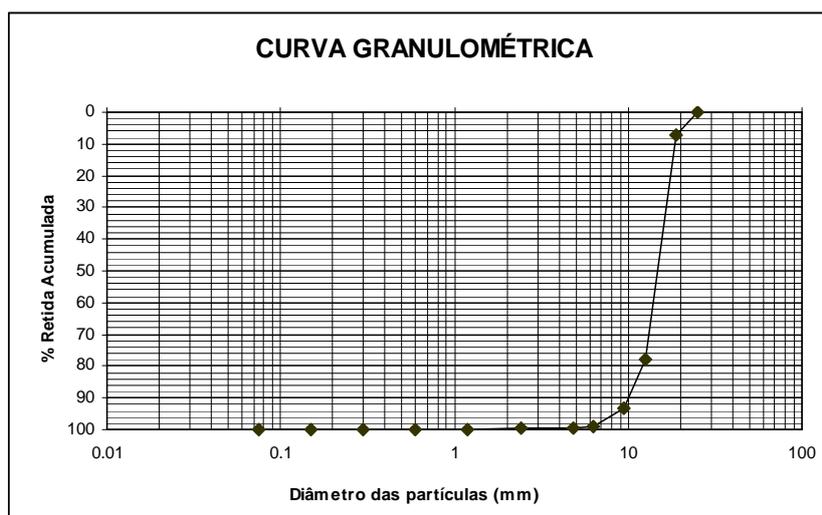
Na tabela 2 apresentam-se as massas específicas e unitárias dos materiais. Para as argilas expandidas inclui-se as porcentagens de absorção de água. Nas figuras 1, 2 e 3 ilustram-se as curvas granulométricas da areia e das argilas 1506 e 2215, respectivamente.

Todos os procedimentos executados para caracterização das propriedades dos materiais foram efetuados de acordo com as normas vigentes.

**Tabela 2: Massas específicas, unitárias e absorção de água.**

COMPONENTES	MASSA ESPECÍFICA (kg/m <sup>3</sup> )	MASSA UNITÁRIA (kg/m <sup>3</sup> )	ABSORÇÃO (%)
CIMENTO	<b>3100</b>	<b>1070</b>	-
AREIA MÉDIA	<b>2620</b>	<b>1550</b>	-
AE 1506	<b>1100</b>	<b>600</b>	<b>30,3</b>
AE 2215	<b>800</b>	<b>510</b>	<b>10,5</b>

**Figura 1 – Curva granulométrica da Areia.****Figura 2 – Curva granulométrica da argila expandida 1506.**



**Figura 3 – Curva granulométrica da argila expandida 2215.**

A análise química das argilas foi determinada através do ensaio de fluorescência (FRX), conforme resultados apresentados na tabela 3. Elementos com composição abaixo de 0,5% foram descartados dos resultados.

**Tabela 3: Análise química da argila expandida por FRX.**

COMPOSTO	PERCENTUAL (%)
SiO <sub>2</sub> – Óxido de Silício	<b>55.00</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – Óxido de Alumínio	<b>25.00</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Óxido de Ferro	<b>9.22</b>
K <sub>2</sub> O - Óxido de Potássio	<b>5.21</b>
MgO – Óxido de Magnésio	<b>2.15</b>
SO <sub>3</sub> - Óxido de Enxofre	<b>1.20</b>
TiO <sub>2</sub> – Óxido de Titânio	<b>0.85</b>

No processo de moldagem dos corpos de prova optou-se por confeccioná-los em mesa vibratória dispondo o concreto dentro do molde metálico cilíndrico em quatro camadas distintas, com o intuito de simular a técnica utilizada no processo de concretagem de placas de concreto pré-moldados. Para cada camada, acionava-se a mesa vibratória por um período de 30 segundos. Tal procedimento se mostrou adequado e de resultados satisfatórios.

Para o traço inicial, denominado T-1 (1 : 1,5 : 3), a composição de agregado graúdo corresponde a 50% de argila expandida 1506 e 50% de argila expandida 2215. Já o traço T-2 (1 : 1,5 : 2,5) o terceiro termo que faz referência a quantidade, em volume, do agregado graúdo (2,5), corresponde a 70% de argila expandida 1506 e 30% da argila expandida 2215.

Como visualmente os corpos de prova dos traços T-1 e T-2 apresentaram ninhos de concretagem (figura 4), os traços seguintes, T-3, T-4 e T-5, teve nas suas formulações somente a presença da argila 1506 como agregado graúdo.



**Figura 4 – ninhos de concretagem (traços T-1 e T-2).**

Estes vazios permitem maior facilidade de circulação de água e agentes agressivos, reduzindo notoriamente sua durabilidade e, por conseguinte indesejáveis.

Após moldagem e decorridos 24 horas, os corpos de provas foram desmoldados e colocados totalmente submersos em água potável por período de 28 dias, quando se deu o ensaio de determinação da resistência à compressão. A massa específica saturada e absorção de água foram verificadas nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias.

As amostras moldadas com as formulações especificadas para os traços T-3, T-4 e T-5 apresentaram aspectos mais densos e uniformes, sem ninhos de concretagem, conforme exposto na figura 5.



**Figura 5: Aspectos visuais dos corpos de prova moldados com os traços T-3, T-4 e T-5.**

A mistura dos materiais foi executada de forma manual, onde se percebeu boa trabalhabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 4 apresentam-se as massas específicas dos corpos de prova após 28 dias contados a partir do dia da concretagem. Os valores dos traços T-1 e T-2 são médias aritméticas obtidas em 03 (três) corpos de prova. Para os demais traços, os valores apresentados são médias aritméticas de 08 corpos de prova.

**Tabela 4: Massas específicas dos compósitos (corpos de prova).**

TRAÇO / FORMULAÇÕES		MASSA ESPECÍFICA (kg/m <sup>3</sup> )
T-1	1 : 1,5 : 3	<b>1600</b>
T-2	1 : 1.5 : 2.5	<b>1540</b>
T-3	1 : 2 : 2,5	<b>1750</b>
T-4	1 : 2.5 : 2.5	<b>1870</b>
T-5	1 : 2 : 2	<b>1810</b>

Todos os compósitos referentes aos traços moldados se enquadram dentro do padrão do concreto leve com relação a massa específica, que ficou compreendida entre 800 e 2000 kg/m<sup>3</sup>, conforme especificado pela literatura técnica.

Na tabela 5 apresentam-se as resistências à compressão dos corpos de prova após 28 dias contados a partir do dia da concretagem. Os valores dos traços T-1 e T-2 são médias aritméticas obtidas em 03 (três) amostras para cada traço. Para os demais traços, os valores apresentados são médias aritméticas obtidas em 08 amostras.

**Tabela 5: Resistência à compressão, em MPa.**

TRAÇO		RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)
T-1	1 : 1,5 : 3	<b>5,55</b>
T-2	1 : 1.5 : 2.5	<b>3,99</b>
T-3	1 : 2 : 2,5	<b>6,28</b>
T-4	1 : 2.5 : 2.5	<b>5,00</b>
T-5	1 : 2 : 2	<b>21,80</b>

O traço T-2 foi o que apresentou menor resistência à compressão e também menor massa específica. Os traços T-1, T-3 e T-4 apresentaram valores de resistência mecânica próximos entre si, porém inferiores a 7,5 MPa que é o valor mínimo exigido para ser classificado como concreto leve estrutural. Apenas o traço T-5 apresentou resistência mecânica elevada, indicando a possibilidade do seu uso como concreto leve estrutural por apresentar valores compreendidos entre 7,5 a 25 MPa, segundo METHA, além de se apresentar denso, compacto e sem a presença de vazios ou ninhos de concretagem.

## CONCLUSÕES

Para as cinco dosagens estudadas, o traço T-5 foi o que melhor se enquadrou nas exigências inicialmente requeridas: redução da massa específica (em torno de 27% menor quando comparado com concreto convencional), e resistência à compressão compatível (aproximadamente 22 MPa), indicando o seu possível uso como concreto estrutural para moldagem de placas pré-moldadas para a confecção de casas populares. Ressalta-se que estudos mais detalhados para determinação do módulo de elasticidade e capacidade de deformação devem ser adicionados como complemento do trabalho

## AGRADECIMENTOS

À CINEXPAN, por fornecer a quantidade de amostras das argilas expandidas necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao grupo Votorantin, por fornecer o cimento (POTY) utilizado nas confecções dos traços e moldagem dos corpos de prova.

Ao CNPq Brasil, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

1. ALDUAJ, J.; ALSHALEH, K.; HAQUE, M.N.; ELLAITHY, K. – Lightweight Concrete in Hot Coastal Areas. (1999)
2. AL-KHAIAT, H.; HAQUE, M.N. – Effect of Inicial Curing on Early Strength and Physical Properties of a Lightweight Concrete. (1998)
3. BAUER, L.A. Falcão. Materiais de construção 1, LTC, Rio de Janeiro, 2000.
4. FERRAZ, P.; PRISZKULNIK, Simão, Argila Expandida na Produção de Concretos com Massas Específicas Variáveis.
5. FERREIRA Jr., E.L.; CAMARINI, G. – Porosidade da Pasta de Concretos e Argamassas: Uma Revisão Crítica dos Métodos de Avaliação. (2004)
6. GIACOMIM, R. – Estudo das propriedades do concreto com argila expandida. (2005)
7. HAQUE, M.N.; AL-KHAIAT, H.; KAYALI, O. – Strength and Durability of Lightweight Concrete. (2004).
8. KRÜGER, E. L.; LAMBERTS, R. - Avaliação do desempenho térmico de casas populares. Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (CD-ROM). Porto Alegre : Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2000.
9. LIJU, W.; SHUZHONG, Z.; GUOFAN, Z. – Investigation of the Mix Ratio Design of Lightweight Aggregate Concrete. (2005).
10. METHA, K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais, PINI. São Paulo, 1994.
11. MORAVIA, W.; OLIVEIRA, C; GUMIERI, A; VASCONCELOS, W – Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve. (2006)

**ESTUDO DO EFEITO DO PLASMA DE H<sub>2</sub> SOBRE A REDUÇÃO DO WO<sub>3</sub> EM DIFERENTES PONTOS DA CAMADA SUPERFICIAL.**

**Fábio Teixeira da Silva**

Aluno de graduação de Tecnologia em Fabricação Mecânica. Bolsista do CNPq PIBITI.  
fabteixeira@bol.com.br

**Gilson Garcia da Silva**

Professor Doutor do Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial do CEFET-RN  
gilsongarcia@cefetrn.br

**Caubi Ferreira de Souza Jr.**

Professor Doutor do Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial do CEFET-RN  
caubi@cefetrn.br

**Tércio Graciano Machado**

Professor Mestre do Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial do CEFET-RN  
gracianomil@hotmail.com

---

**RESUMO**

A combinação de dureza associada ao alto desempenho técnico apresentado pelos carbeto de tungstênio sinterizados com tamanho de partículas entre 0,1 e 5 µm, tem levado a indústria de metal duro a uma forte demanda por submicrons de W. Quando o processo se realiza em baixas razões de pressões parciais PH<sub>2</sub>O/PH<sub>2</sub>, produz-se cristais muito finos. Assim, técnicas que tenham o plasma como agente redutor são fortes candidatas a esse desafio. Sua importância está associada tanto a baixa pressão (1-20mbar) que pode ser conduzido o processo como também à versatilidade que possui este meio para modificação das espécies redutoras ativas. Neste trabalho, utilizou-se o plasma dc obtido de descarga em catodo oco como agente redutor do WO<sub>3</sub>. As partículas foram soltas em um leito fluidizado de plasma de H<sub>2</sub> em temperaturas de 800°C, os produtos da reação foram analisados via MEV e comparados com as reduções em plasma realizadas em uma camada estática superficial. Constatou-se o aparecimento de diferentes fases oxidas bem como diferentes morfologias resultantes dos dois processos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redução, WO<sub>3</sub>, Plasma

## ESTUDO DO EFEITO DO PLASMA DE H<sub>2</sub> SOBRE A REDUÇÃO DO WO<sub>3</sub> EM DIFERENTES PONTOS DA CAMADA SUPERFICIAL.

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda por carbeto sinterizados de tungstênio (WC) para utilização em ferramentas de corte têm aumentado fortemente o estudo para produção de matérias-primas com qualidades cada vez melhores. A obtenção industrial do tungstênio metálico é geralmente feita a partir da redução do WO<sub>3</sub> por H<sub>2</sub> em fornos resistivos, na faixa de temperaturas de 800°C a 950°C. Muitos fatores influenciam a velocidade do processo, destacando-se: temperatura, tempo de redução e razão de pressões parciais dos gases presentes na reação.

No processo de redução do WO<sub>3</sub> até o W-pó, diversos óxidos estáveis de índices de oxigênio inferiores a 3 podem ocorrer (WO<sub>2.9</sub>, WO<sub>2.7</sub>, WO<sub>2</sub>), dependendo para isto de condições favoráveis como difusão do H<sub>2</sub> (reagente) e vapor de H<sub>2</sub>O (produto) ao longo da camada óxida [03]. A existência de diferentes fases óxidas durante o processamento, bem como os mecanismos que levam as diferentes morfologias, estão diretamente associados ao tamanho de partícula do W-pó obtido [04].

Sabe-se que para baixa razão de pressão PH<sub>2</sub>/PH<sub>2</sub>O, as reações de redução ocorrem em atmosferas próximas ao do equilíbrio termodinâmico, significando, portanto, baixa taxa de nucleação e, conseqüentemente, grandes cristais serão produzidos. Ao contrário, em alta razão PH<sub>2</sub>/PH<sub>2</sub>O, a probabilidade de germinação de cristais muito finos aumenta. *Haubner* [02] verificou que cada átomo de tungstênio é transportado durante a redução na forma gasosa WO<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub> e que, quanto mais curto for esse caminho, mais finos são os cristais formados. Neste sentido, técnicas que produzam uma alta razão PH<sub>2</sub>/PH<sub>2</sub>O, são ideais para produção de submícrons de W.

A técnica de plasma pode preencher este requisito porque é um processo conduzido em baixa pressão (1-20 mbar), o que possibilita a rápida retirada do vapor d'água formado; além disso, possui grande versatilidade em termos de modificação das espécies ativas [01].

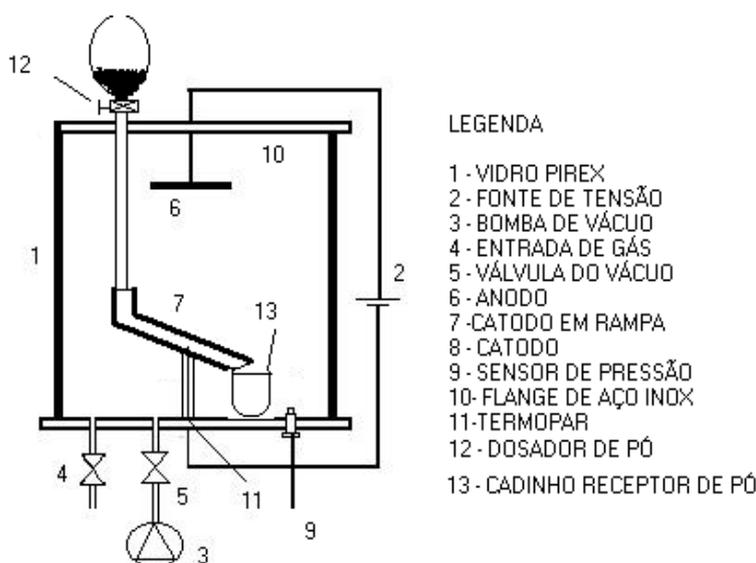
### MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria-prima usada para os experimentos foi o WO<sub>3</sub> com tamanho médio de partícula de 35 µm obtido a partir da decomposição do Paratungstato de Amônia (APT) através de sua calcinação ao ar por 2 horas a 700°C. O gás usado para formação do plasma foi o hidrogênio com 99,99% de pureza.

O sistema de redução por plasma (figura 1), era formado de um reator composto das seguintes partes: 1-câmara de vidro pyrex em forma de tubo, onde duas flanges de aço são usadas para vedação juntamente com gaxetas em perfil L. Na flange superior fica o anodo, o qual é conectado ao polo positivo da fonte de potência, bem como o reservatório e a válvula dosadora de pó;

2- Sistema de vácuo conseguido através de bomba mecânica, sendo a ligação bomba/câmara feita através de mangueiras de borracha próprias; 3- Fonte de tensão contínua, com tensão máxima de saída entre os eletrodos de 1000V e tensão de entrada de 220 V-ac; 4 - Catodo cilíndrico produzido em aço inox eletricamente blindado em forma de rampa para queda livre do pó. A figura 1 mostra o sistema de redução por plasma em leito fluidizado.

Depois de obtido um vácuo primário (5 mbar) no interior da câmara, foi introduzido o hidrogênio numa vazão de 15 sccm, obtendo a pressão de 7 mbar. Neste instante era aplicada uma voltagem entre os eletrodos de aproximadamente 800 V, originando o plasma. Atingida a temperatura pré-determinada no catodo, as partículas de  $WO_3$  eram soltas por intermédio da abertura de uma válvula dosadora no bulbo de vidro, penetrando no leito fluidizado de plasma. O tempo de permanência das partículas no interior do reator foi de menos de um segundo. O produto da reação era captado na saída da rampa através de um cadinho cerâmico e levado para análise.



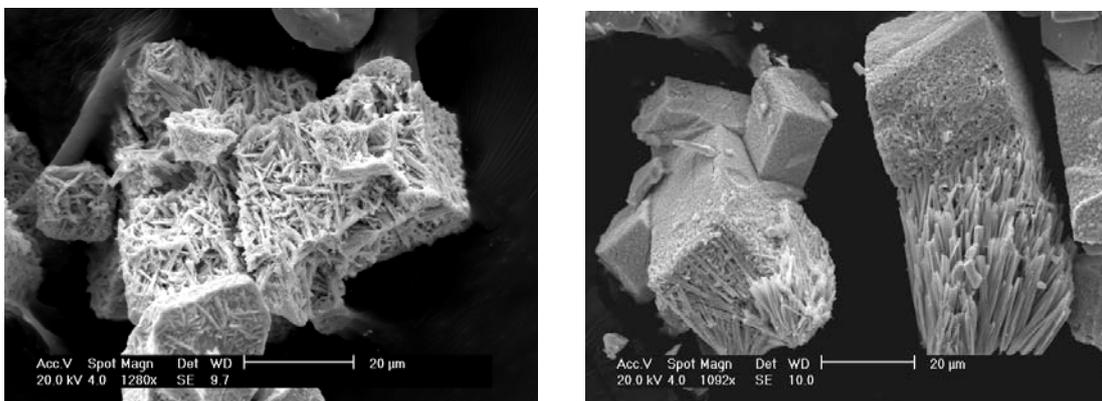
**Figura 1: Sistema de redução por plasma em leito fluidizado**

Para verificar as diferentes densidades de espécies redutoras atuantes sobre a mesma camada superficial de forma a comprovar o efeito da trajetória das partículas sobre o processo de redução, foi realizada uma redução em camada fixa de plasma com uma altura de camada de 10 mm na temperatura de 700°C por 60 minutos. O pó resultante foi analisado via MEV dentro do próprio porta amostras (catodo) de tal forma que era possível visualizar o efeito do plasma sobre toda a camada superficial, verificar o efeito de remoção (erosão) do pó nas camadas superiores e verificar quais locais tiveram maior intensificação no nível de redução.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Resultados Obtidos em Leito Fluidizado de Plasma

A evolução morfológica da redução em leito móvel para uma temperatura de 700°C é mostrada nas micrografias da figura 2. Observa-se que as partículas mantêm a forma geométrica externa do  $WO_3$ . A maioria apresenta um nível de redução ainda bastante pequeno, porém já é possível evidenciar um grau bastante intenso de redução no interior de algumas isoladamente. É possível observar o aparecimento de hastes cristalinas no interior dessas partículas, evidenciando a presença da fase  $WO_{2.72}$  cuja forma de agulhas é típico da atuação do mecanismo de transporte químico de vapor (TQV) [05]. Observa-se que mesmo estando a uma atmosfera de baixo vácuo, com uma camada de óxido muitíssimo fina movimentando-se pelo reator inclinado, a reação envolveu a produção da molécula  $WO_2(OH)_2$ . A água produzida pela redução do óxido foi suficiente para ativar o mecanismo de TQV, porém essa quantidade de  $H_2O$  livre é extremamente pequena, (segundo Haubner [02], de 1 mol de  $WO_{2.9}$ , apenas 0.18 mol de  $H_2O$  forma-se.) fazendo com que a reação ocorra bem abaixo do equilíbrio  $H_2O/H_2$ , sendo fácil e freqüente a germinação da fase  $WO_{2.72}$  sem que ocorra considerável mudança na geometria externa da partícula. Portanto, podemos concluir que ao longo da rampa de plasma, ocorreram desequilíbrios locais de temperatura e pressão ocasionados pela atuação das espécies redutoras no interior da partícula, fazendo com que diferentes fases óxidas fossem encontradas ao longo do leito e em outras praticamente não ocorresse redução.



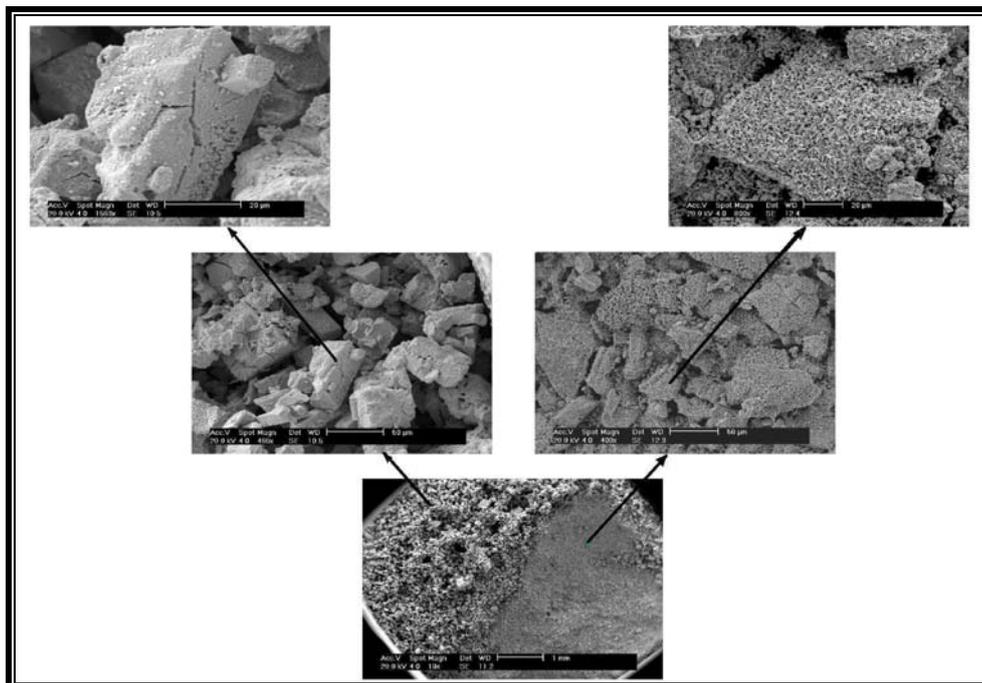
**Figura 2. Detalhe do aspecto morfológico das partículas reduzidas em leito móvel.**

Conservando o formato exterior do  $WO_3$  inicial. Detalhe das agulhas formadas e em processo de transição, evidenciando o mecanismo de transporte químico de vapor (TQV).

### Resultados Obtidos da Redução do $WO_3$ em Camada Superficial Estática

Na figura 3 é mostrado o estágio final da camada superficial após o processo de redução. É possível visualizar regiões bem distintas, uma região em alto relevo com baixo nível de redução e outra em baixo relevo com nível de redução bem mais elevado. Observa-se que o

plasma atuante na parte central da amostra possui um maior potencial de reatividade. Os íons que bombardearam a superfície da camada foram focalizados na região central da mesma, aumentando a densidade do plasma e conseqüentemente afetando a temperatura e a taxa de sputtering nesta região. Portanto, podemos afirmar que as partículas que seguiram em leito fluidizado trajetórias sempre próximas da bainha catódica, sofreram maior intensidade de bombardeio de espécies redutoras. Partículas que seguiram trajetórias que pontuaram regiões diversas do reator tiveram níveis diferentes de temperatura e pressões parciais, conseqüentemente diferentes estágios de redução.



**Figura 3. Estágio final a redução em leito fixo (700°C/60min.) mostrando as diferentes morfologias encontradas ao longo da camada superficial. Os detalhes mostram as diferentes partículas obtidas.**

## CONCLUSÃO

1. Ao longo da rampa de plasma ocorreram desequilíbrios locais de temperatura e pressão fazendo com que diferentes fases óxidas fossem encontradas ao longo do leito;
2. Não existe uma rota de transição do  $WO_3$  até o W comum a todas as partículas. É possível obter ao longo do mesmo experimento todas as morfologias de todos os óxidos de tungstênio;
3. A morfologia obtida em leito fluidizado de plasma revela que o mecanismo de redução foi o de transporte químico de vapor (CVT) a curta distância no interior das partículas;

4. A trajetória seguida por cada partícula no interior do reator é um fator tão importante quanto o tempo de permanência no interior do reator. As partículas que seguiram trajetória ou pontuaram regiões de gradiente térmico mais alto ou regiões de alta densidade de espécies redutoras, tiveram forte intensidade de redução.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem aos Departamentos de Tecnologia Industrial (DATIN) e Recursos Naturais (DAREN) do CEFET/RN e a UFRN pelas condições laboratoriais disponibilizadas. Ao CNPq pela bolsa PIBITI e a todos que estão contribuindo para o pleno desenvolvimento deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

01. AHMED, N.A.G. Íon Plating Technology - Developments and Applications. Londres, John Wiley & Sons; 1987.
02. HAUBNER, R. et al, Die Wolframreduktion, 11<sup>th</sup> International Plansee Seminar, Proceedings, Vol 2, 161, 1985.
03. SCHUBERT, W.D., Production and Characterization of Hydrogen Reduced Submicrom Tungsten Powder – Part 1, Refracto Metal & Hard Material, pp. 133-141, 1991.
04. SCHUBERT, W.D.; Kinetics of the Hydrogen Reduction of Tungsten Oxides, RM & HM, Dezembro de 1990.
05. SILVA, G.G.; Estudo da Decomposição Térmica do Paratungstato de Amônia e Redução do Trióxido de Tungstênio, Tese de Mestrado; UFRN - PPGEM , Natal, 1995.

Carvalho Júnior, Moura, Severo, Santos Júnior e Macedo Neto (2008).

## **EFEITO DO UMEDECIMENTO E DA VELOCIDADE DE DEFORMAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA DE SOLOS CIMENTADOS ARTIFICIALMENTE**

### **Henrique Gonçalves Carvalho Júnior**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte  
Graduando em Tecnologia em Construção de Edifícios

Fone: 84 88242919

[henriquejunior\\_5@hotmail.com](mailto:henriquejunior_5@hotmail.com)

### **Dárcia Sâmia Santos Moura**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte

[darciasamia@hotmail.com](mailto:darciasamia@hotmail.com)

### **Ricardo Nascimento Flores Severo**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte

[ricardoflores@cefetrn](mailto:ricardoflores@cefetrn)

### **Olavo Francisco dos Santos Júnior**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

[olavo@ct.ufrn.br](mailto:olavo@ct.ufrn.br)

### **Ovídio Cabral de Macedo Neto**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte

[ovidiocabral@hotmail.com](mailto:ovidiocabral@hotmail.com)

### **Régia Lúcia Lopes**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte

[regia@cefetrn.br](mailto:regia@cefetrn.br)

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta e analisa dados de ensaios de resistência à compressão simples realizados em um solo laterítico cimentado artificialmente. O solo usado foi classificado pelo SUCS como SC. No trabalho foram consideradas quatro variáveis: teor de cimento (2%, 5% e 10%), densidade (três energias distintas de compactação), efeito de umedecimento (amostras inundadas e não inundadas) e velocidade de deformação (0,01 e 1,0 mm/min). Os resultados mostraram que a resistência aumenta com o aumento do teor de cimento; diminui exponencialmente com o aumento do índice de vazios, a inundação provoca perda de resistência no solo apenas para teores de cimentos mais baixos e ocorre uma tendência de aumento da resistência em função do aumento da velocidade de deformação para amostras na condição mais compacta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Umedecimento, Solos Cimentados, Resistência à Compressão, Velocidade de Deformação.

**EFFECT OF THE WETTING AND THE RATE OF DEFORMATION ON THE SOIL STRENGTH CEMENTED ARTIFICIALLY**

**ABSTRACT**

This work presents and analyses results of unconfined compression tests carried out in specimens of an artificially cemented lateritic soil. The soil used in this study was classified as SC (Clayey Sand). In the work four variables had been considered: amount of cement (2%, 5% and 10%), density (three distinct energies of compacting), effect of wetting (soaking and not soaking samples) and rate of deformation (0.01 and 1.0 mm/min). The results had shown that the strength increases with the increase of the cement content and decrease exponentially with the increase of the void ratio, soaking provokes loss of strength in the soil only for lower cement content and occurs a trend of increase of the resistance in function of the increase of the rate of deformation for samples in the condition most compact.

**KEY-WORDS:** Wetting, Cemented soil, Compressive strength, Rate of deformation.

## **EFEITO DO UMEDECIMENTO E DA VELOCIDADE DE DEFORMAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA DE SOLOS CIMENTADOS ARTIFICIALMENTE**

### **INTRODUÇÃO**

Vários estudos sobre solos cimentados ou misturas de solo-cimento vem sendo realizados com vistas a compreender o efeito das ligações entre as partículas sobre o comportamento mecânico desses solos. Solos com cimentação entre as partículas podem ser formados por diversos processos naturais, assim como, freqüentemente adiciona-se cimento ao solo para melhorar as suas propriedades geotécnicas. Dessa forma, é importante o conhecimento do efeito da cimentação entre as partículas do solo e os demais fatores que afetam o comportamento de solos cimentados, tanto para solos cimentados naturalmente como para solos com cimentação artificial.

Trabalhos anteriores indicam que a resistência do solo aumenta com o aumento do teor de cimento (Schnaid et al, 2001), com a diminuição do índice de vazios (Lo e Wardani, 2002; Consoli et al, 2007) e para um dado teor de cimento a resistência aumenta com a velocidade de deformação (Clough et al, 1981).

Estudaram-se amostras cimentadas artificialmente a fim de analisar o efeito da intensidade da cimentação sobre o comportamento mecânico dos solos. Foram consideradas ainda como variáveis do estudo a densidade da mistura de solo-cimento, a inundação (umedecimento) dos corpos de prova antes da ruptura para reduzir o efeito da sucção e a velocidade de deformação.

O solo empregado nesse estudo foi proveniente da Formação Barreiras, coletado na região costeira do Estado do Rio Grande do Norte, no município de Tibau do Sul, na região Nordeste do Brasil.

Estudos realizados nessa área indicam que a cimentação entre as partículas desenvolve influência positiva na estabilidade de taludes que formam falésias, em muitos casos, praticamente verticais na região (Silva 2003; Santos Júnior et al. 2004; Santos Júnior et al. 2005; Severo 2005). No entanto, a quantificação dessa influência ainda necessita de estudos detalhados.

Este trabalho teve como objetivo, portanto, analisar o efeito do umedecimento, do grau de cimentação (teor de cimento) e da influência da velocidade de deformação sobre o comportamento de solos cimentados artificialmente, através da comparação dos resultados de ensaios de compressão simples realizados sobre amostras inundadas e não inundadas.

## METODOLOGIA

Utilizou-se neste trabalho um solo laterítico da Formação Barreiras, situada no município de Tibau do Sul, no estado do Rio Grande do Norte. O solo apresenta 88% de areia, 8% de silte e 4% de argila. Possui limite de liquidez de 28% e índice de plasticidade de 7%. A densidade dos sólidos  $G_s$  é igual a 2,67. No Sistema Unificado de Classificação dos Solos, foi classificado como SC (areia argilosa). Na Figura 1 é apresentada a curva granulométrica do solo utilizado na pesquisa.

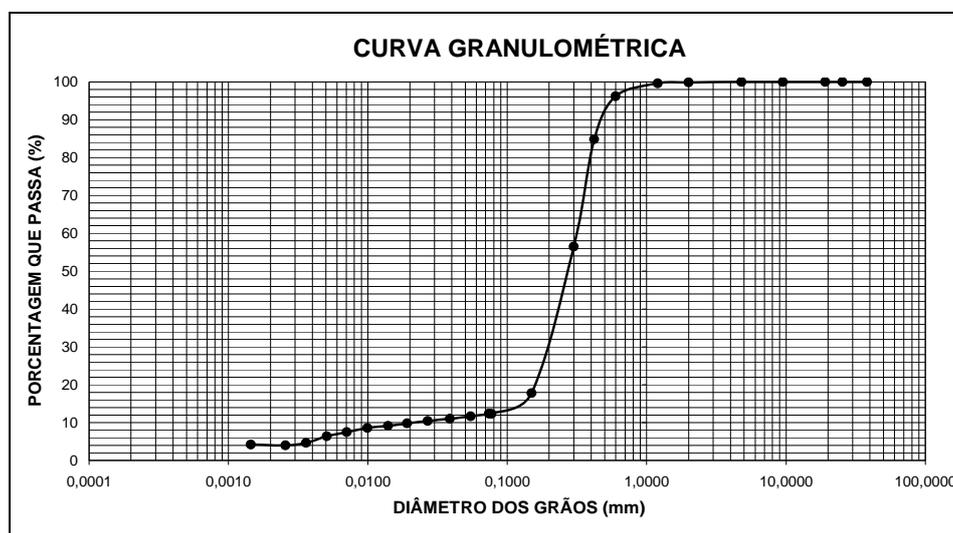


Figura 1. Curva granulométrica do solo.

A água foi fornecida pela Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), com todas as suas características físico-químicas dentro das normas brasileiras.

O cimento utilizado foi do tipo CP II – 32, com suas características físicas e químicas dentro das normas brasileiras (NBR 11.578/1991 – Cimento Portland Composto).

O cimento ficou perfeitamente acondicionado em sacos plásticos de 1,0 kg fechados até as datas em que foram realizadas as respectivas moldagens.

As amostras de solo-cimento foram compactadas em moldes bi-partidos (provetes) metálicos cilíndricos com 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro, em quatro camadas de 100g cada, por meio da aplicação de golpes de um soquete metálico circular padronizado com massa de 400 gramas e área de  $1,13 \text{ cm}^2$ , com três energias de compactação distintas (10, 30 e 60 golpes do soquete por camada).

Foram utilizados teores de cimento de 2%, 5% e 10% de cimento em relação ao peso do solo seco.

Os Corpos de prova foram moldados com a quantidade constante de 20 ml de água, ou seja, 5% de água em relação ao peso do solo seco. A quantidade de água foi definida por ser a menor porcentagem que tornou possível a moldagem dos corpos de prova.

Quantidades menores de água provocaram a ruptura das amostras durante a desmoldagem, enquanto quantidades maiores permitem a desmoldagem, no entanto, elevam o fator água/cimento. Desta forma, poderiam diminuir a resistência mecânica, embora Consoli et al (2007), tenha verificado que a resistência é afetada de forma mais pronunciada pela densidade

do que pelo fator água/cimento.

As amostras foram curadas no ambiente do laboratório sob uma temperatura média de 25°C e umidade do ar de 65% durante 28 dias.

Foram realizados ensaios de resistência à compressão simples, em amostras no teor de umidade pós-cura do solo e ensaios na condição inundada. Nestes últimos, as amostras foram submersas 72 horas antes do ensaio de resistência a compressão.

Considera-se teor de umidade pós-cura ( $W_{pc}$ ) àquele que a amostra se encontrava após o período de cura, obtida logo após a ruptura. O teor de umidade pós-cura foi menor do que 1% em todas as amostras. Este valor de umidade é devido ao fato da cura ter sido realizada no ambiente de laboratório.

O teor de umidade na condição inundada variou entre 11% e 24% dependendo do grau de compactação dos corpos de prova. As amostras mais compactas apresentaram menores valores de teor de umidade.

Decorrido o tempo de cura, 46 corpos de prova (CPs), 23 na condição inundada e 23 na condição não inundada (umidade pós-cura), com os três teores de cimento citados, foram rompidos em uma prensa com velocidade de 0,5 mm/minuto, para analisar o efeito do umedecimento sobre a resistência mecânica dos solos e também a influência do grau de cimentação (teor de cimento). A seguir foram rompidos 16 corpos de prova, com teor de cimento constante de 5%; oito rompidos com velocidade de 0,01 mm/minuto e oito com velocidade de 1,00 mm/minuto, para analisar o efeito da velocidade de deformação na resistência mecânica. Na Figura 2 é mostrada a seqüência de atividades para realização dos ensaios.





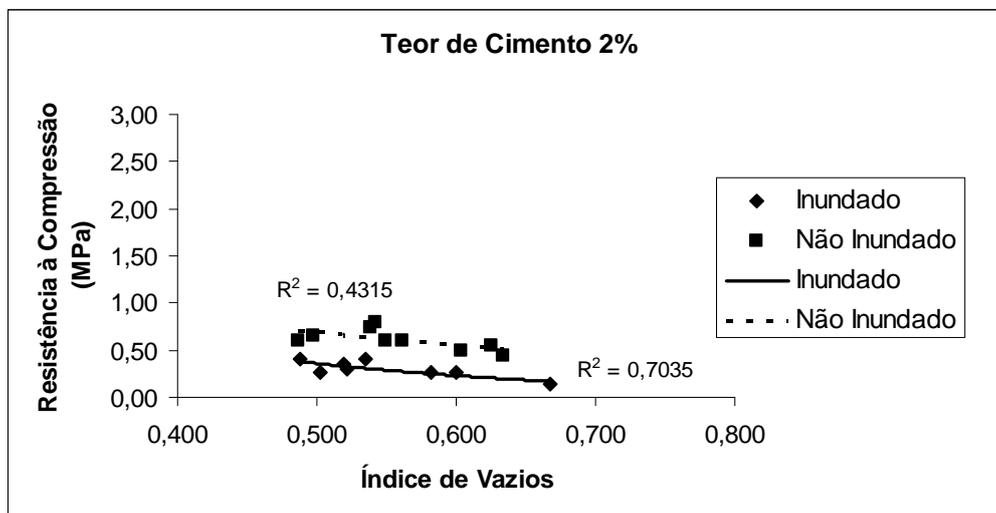
**Figura 2. Metodologia de execução dos ensaios.**

## APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### Efeito do umedecimento sobre a resistência à compressão do solo

#### Teor de cimento: 2%

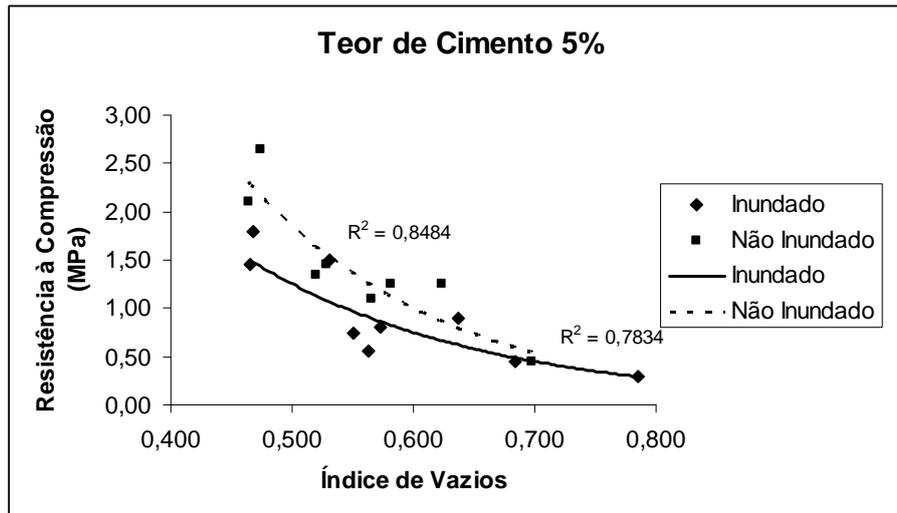
No gráfico da Figura 3 é mostrado o efeito do umedecimento sobre a resistência à compressão não confinada para as amostras moldadas com 2% de cimento. Verifica-se que a resistência diminui com o aumento do índice de vazios do solo tanto para as amostras inundadas como para as amostras secas. Este fato mostra que ocorre um aumento na resistência com o aumento da intensidade de compactação. As amostras inundadas apresentam resistência inferior àquelas obtidas nos ensaios no teor de umidade natural, ou seja, a diminuição da sucção provocada pela inundação das amostras provoca redução da resistência ao cisalhamento. A linha de tendência que melhor se adapta aos resultados é a exponencial.



**Figura 3. Resistência à compressão x índice de vazios para amostras com teor de cimento de 2%.**

#### Teor de cimento: 5%

No gráfico da Figura 4 é mostrado o efeito do umedecimento sobre a resistência à compressão não confinada para as amostras com 5% de cimento.

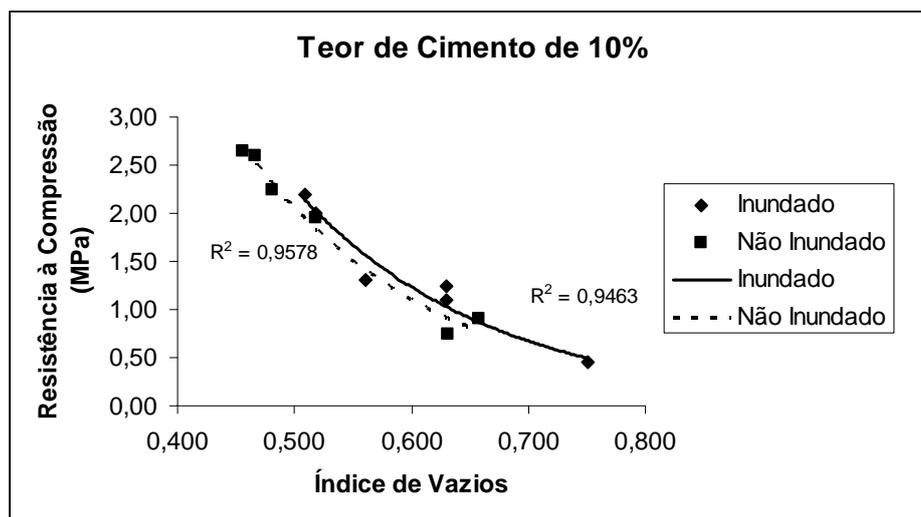


**Figura 4. Resistência à compressão x índice de vazios para amostras com teor de cimento de 5%.**

Os resultados com 5% de cimento mostraram uma tendência mais efetiva da redução da resistência com o aumento do índice de vazios comparativamente com os mostrados nas amostras com 2% de cimento. Por outro lado, o umedecimento parece afetar menos a resistência dos solos com 5% de cimento, principalmente para valores mais altos de índice de vazios. Comparando-se os valores de R<sup>2</sup> obtidos nas correlações mostradas nas Figuras 3 e 4, verifica-se uma acentuada melhora no coeficiente de correlação das amostras não inundadas, quando do aumento do teor de cimento de 2% (R<sup>2</sup>=0,43) para 5% (R<sup>2</sup>=0,85).

#### **Teor de cimento: 10%**

No gráfico da Figura 5 é mostrado o efeito do umedecimento sobre a resistência à compressão não confinada para as amostras moldadas com 10% de cimento.



**Figura 5. Resistência à compressão x índice de vazios para amostras com teor de cimento de 10%.**

O solo cimentado artificialmente com 10% de cimento apresentou aumento da resistência com o aumento da energia de compactação, de forma similar ao observado nas amostras com 2% e 5% de cimento. Conforme pode ser observado na Figura 5 as linhas de tendência

exponenciais do solo inundado e não inundado estão muito próximas (uma da outra).

Verifica-se dessa forma que a inundação não afetou de maneira significativa a resistência à compressão das amostras preparadas com 10% de cimento. Ao se comparar os gráficos das Figuras 3, 4 e 5 constata-se que as linhas de tendência para as condições inundada e não inundada se aproximam com o aumento do teor de cimento.

Este fato mostra que o umedecimento afeta de forma mais pronunciada os solos com menores teores de cimento. No caso da Figura 5 (amostras com 10% de teor de cimento) o efeito da cimentação parece ser mais importante que o do umedecimento no comportamento das amostras. Observa-se mais uma vez o aumento no valor de  $R^2$  para as amostras com 10% de cimento, o que indica que a dispersão dos dados diminui com o aumento do teor de cimento.

### Efeito do teor de cimento sobre a resistência à compressão do solo

#### Amostras inundadas

No gráfico da Figura 6 é mostrado o efeito da intensidade de compactação, através do índice de vazios, sobre a resistência à compressão não confinada para as amostras moldadas com 2, 5 e 10% de cimento, na condição inundada.

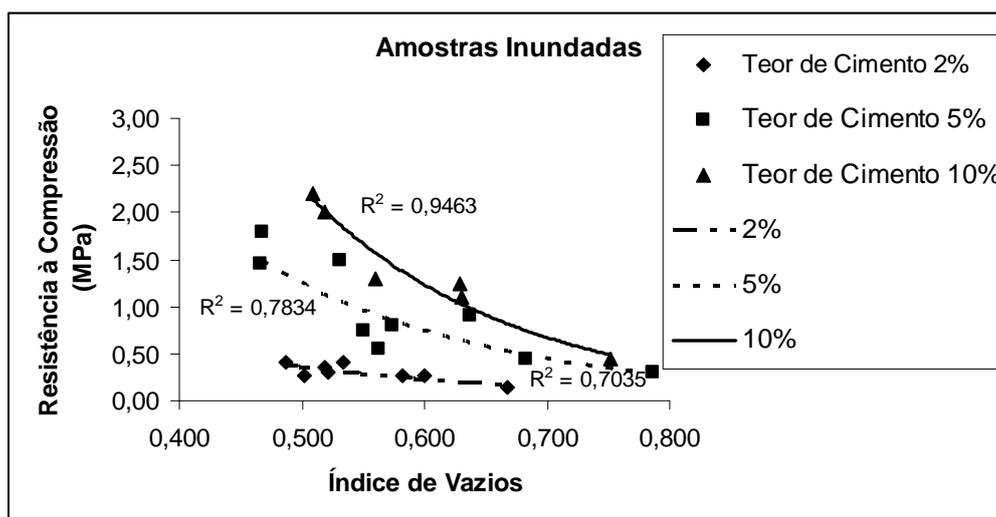
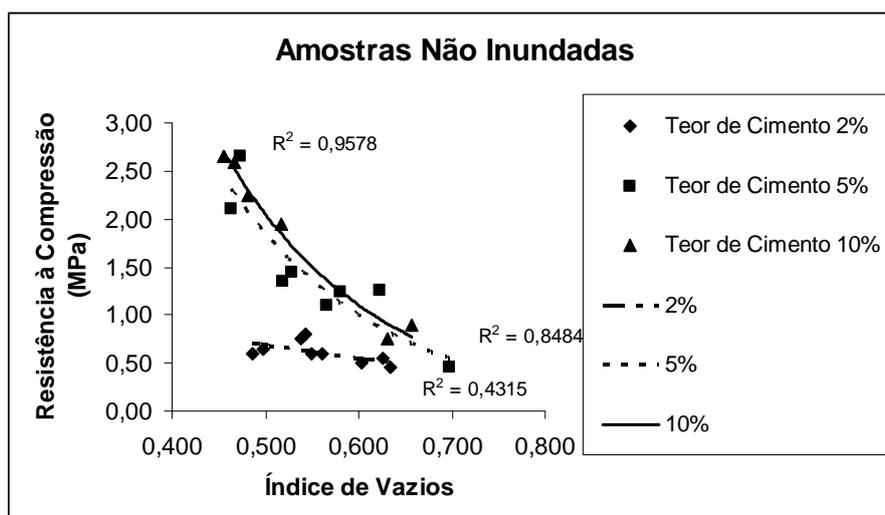


Figura 6. Resistência à compressão x índice de vazios para amostras na condição inundada.

A análise da Figura 6 mostra que a resistência diminui com o aumento do índice de vazios, ou seja, a resistência aumenta com o aumento da energia de compactação. Entretanto, esse aumento é mais expressivo para valores mais elevados de teor de cimento. Para um dado índice de vazios (ou energia de compactação), a resistência aumenta com o aumento do teor de cimento. No entanto, pode-se observar na Figura 6 que para elevados valores de índice de vazios (ou baixas energias de compactação) o teor de cimento exerce pouca influência.

#### Amostras não inundadas

No gráfico da Figura 7 é mostrado o efeito da intensidade de compactação, através do índice de vazios, sobre a resistência à compressão não confinada para as amostras moldadas com 2, 5 e 10% de cimento na condição não inundada.



**Figura 7. Resistência à compressão x índice de vazios para amostras na condição não inundada.**

Os resultados na condição não inundada mostram que os valores de resistência à compressão simples obtidos apresentam a mesma tendência das amostras na condição inundada, ou seja, a resistência diminui exponencialmente com o aumento do índice de vazios. No entanto, para as amostras moldadas com 5% e 10% de teor de cimento a resistência resultante foi da mesma ordem de grandeza, conforme pode ser observado pela proximidade das respectivas linhas de tendência na Figura 7.

De maneira geral os resultados obtidos em termos de variação de resistência com aumento da massa específica estão de acordo com a observação de Consoli et al (2007), segundo o qual a resistência aumenta exponencialmente com a redução da porosidade da mistura compactada.

#### **Efeito da velocidade de deformação sobre a resistência à compressão do solo**

Foram realizados 16 ensaios de compressão simples com o objetivo de avaliar a influência da velocidade de deformação, sendo oito ensaios realizados com a velocidade de 0,01 mm/minuto e oito com 1,0 mm/minuto. A NBR 12.025 que trata de ensaios de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos em solo-cimento, estabelece uma velocidade de deformação para ruptura de corpos de prova de solo-cimento de 1,14 mm/min, porém neste trabalho optou-se pelas velocidades referidas para analisar o efeito de um incremento de cem vezes na velocidade de deformação.

Na Tabela 1 são apresentados para cada amostra os índices físicos da mistura solo-cimento após a cura, a velocidade de deformação do ensaio e a resistência obtida. Os ensaios apresentados na Tabela 1 foram realizados em amostras moldadas com teor de cimento de 5%. Os resultados dos ensaios são mostrados nas Figura 8 e 9 em termos de peso específico seco e índice de vazios.

**Tabela 1 – Variação da velocidade de deformação. \***

Ensaio	Velocidade mm/min	**w <sub>pc</sub> (%)	γ <sub>d</sub> kN/m <sup>3</sup>	S(%)	Resistência (Mpa)
CP 01	0,01	0,67	16,94	3,06	0,75
CP 02	0,01	0,49	17,20	2,31	1,00
CP 03	0,01	0,68	17,95	3,65	1,50

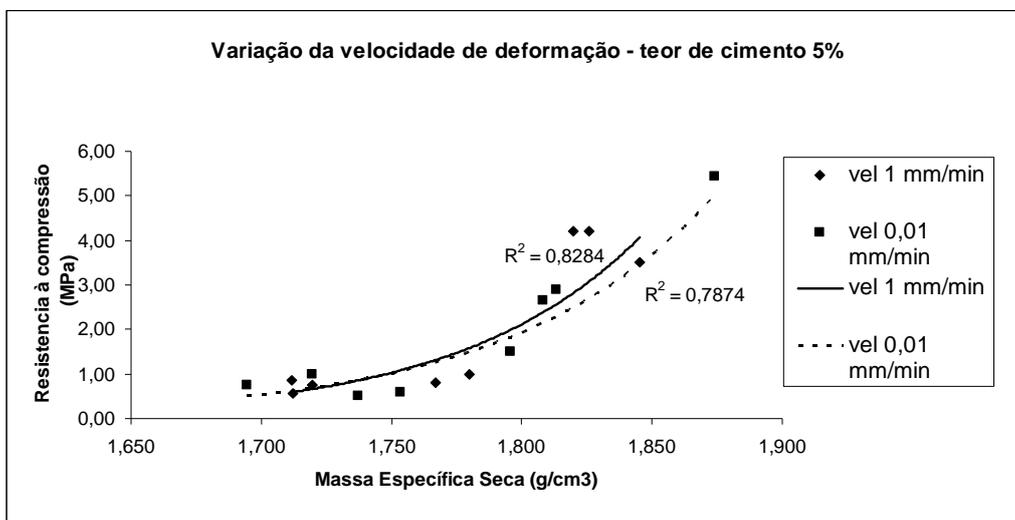
CP 04	0,01	0,47	17,53	2,35	0,60
CP 05	0,01	0,38	17,37	1,85	0,50
CP 06	0,01	0,59	18,13	3,24	2,90
CP 07	0,01	0,70	18,08	3,84	2,65
CP 08	0,01	0,97	18,74	5,95	5,45
CP 09	1,00	0,29	17,19	1,36	0,75
CP 10	1,00	0,29	17,80	1,52	1,00
CP 11	1,00	1,03	17,12	4,80	0,85
CP 12	1,00	0,72	17,12	3,37	0,55
CP 13	1,00	0,24	17,67	1,21	0,80
CP 14	1,00	0,96	18,20	5,36	4,20
CP 15	1,00	0,86	18,26	4,87	4,20
CP 16	1,00	0,64	18,45	3,75	3,50

\*(teor de cimento – 5%)

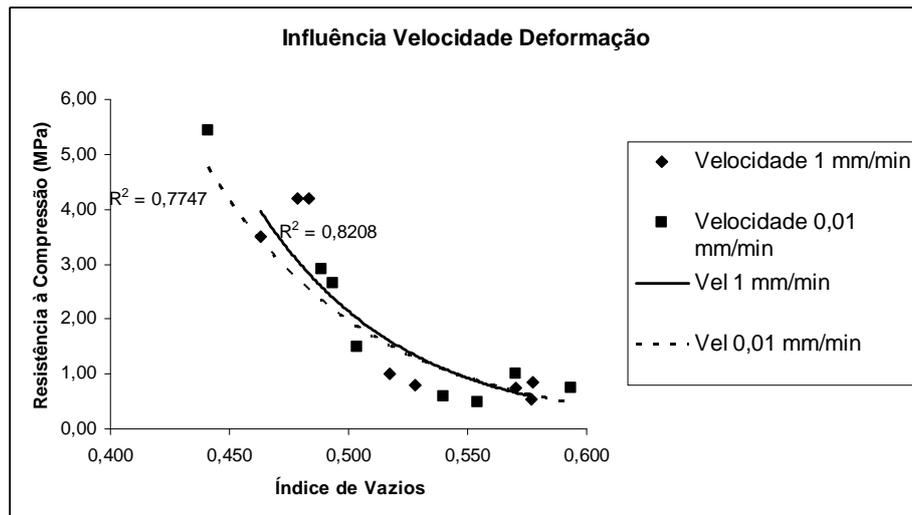
\*\* $w_{pc}$  (%) – umidade pós-cura

Nos gráficos das Figuras 8 e 9 verifica-se a mesma tendência observada nos resultados anteriores em relação ao aumento da resistência com o aumento da intensidade de compactação.

No que diz respeito ao efeito da velocidade de deformação, observa-se que para o teor de cimento (5%) ocorre uma tendência de aumento da resistência mecânica em função do aumento da velocidade de deformação sendo mais evidenciada essa tendência para menores valores dos índices de vazios (abaixo de 0,5).



**Figura 8 – Efeito da variação da velocidade de deformação sobre a relação resistência à compressão x massa específica seca.**



**Figura 9 – Efeito da velocidade de deformação sobre a relação resistência à compressão x índice de vazios.**

## CONCLUSÕES

O solo estudado aumenta a resistência com o aumento do teor de cimento. Esse aumento é significativo para solos muito compactos (baixos índices de vazios) e tem menor importância para valores mais elevados de índice de vazios. Verifica-se que, para um dado teor de cimento, a resistência diminui exponencialmente com o aumento do índice de vazios do solo (ou aumenta com a energia de compactação) tanto para as amostras inundadas como para as amostras secas, confirmando os estudos de Consoli et al. (2007) que demonstraram que para os teores de cimento, por eles estudados, em amostras na umidade natural, a resistência à compressão simples cresce linearmente com o aumento do teor de cimento e exponencialmente com a redução da porosidade da mistura compactada.

Para baixos teores de cimento (2%) as amostras inundadas apresentam resistência inferior àquelas obtidas nos ensaios secos, ou seja, a diminuição da sucção provocada pela inundação das amostras provoca redução da resistência.

Os resultados para 5% de cimento mostraram uma tendência mais efetiva do crescimento da resistência com o aumento da energia de compactação comparativamente com os mostrados nas amostras com 2% de cimento. Por outro lado, a sucção parece afetar menos a resistência dos solos com 5% de cimento, principalmente para maiores índices de vazios e o umedecimento não afetou a resistência das amostras com 10% de cimento. Nesse caso o efeito da cimentação é mais importante que o da sucção no comportamento do solo.

Para amostras estudadas com teor de cimento de 5% e velocidades de deformação de 1,0 mm/minuto e 0,01 mm/minuto observou-se que ocorre uma tendência de aumento da resistência mecânica em função do aumento da velocidade de deformação para maiores valores de massa específica seca, acima de 1,80 g/cm<sup>3</sup>.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq Brasil, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- 1- ABNT. (1991). NBR 11.578 - Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro, Brasil.
- 2- ABNT. (1990). NBR 12.025 - Solo-Cimento: Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil.
- 3- Clough, G. W.; Sitar, N.; Bachus, R. C.; Rad, N. S. (1981): Cemented Sands under Static Loading. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol 107, N. 6, pp 799-817.
- 4- Consoli, N. C.; Foppa, D.; Festugato L.; Heineck, K. S. Key. (2007). Key Parameters for Strength Control of Artificially Cemented Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. ASCE, Vol. 133, N.2, pp. 197 – 205.
- 5- Lo, S. R.; Wardani, S. P. R. (2002): Strength and Dilatancy of a Silt Stabilized by a Cement and Fly Ash Mixture. *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 39, N. 1, pp. 77-89.
- 6- Pinto, C. de S. (2000). *Curso Básico de Mecânica dos solos*. Oficina de Textos, São Paulo. 226 p.
- 7- Santos Júnior, O. F.; Scudelari, A. C.; Amaral, R. F. (2004). *Geotechnical Properties of Tertiary Sediments and Failure Mechanisms of a Sea Cliff in the State of Rio Grande do Norte, North East Brazil*. IV International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro, Brasil, v. 1, 729-733 p.
- 8- Schnaid, F.; Prietto, P. D. M.; Consoli, N. C. (2001): Characterization of Cemented Sand

Carvalho Júnior, Moura, Severo, Santos Júnior e Macedo Neto (2008).

in Triaxial Compression. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, Vol 127, N. 10, pp. 857-868.

- 9- Santos Júnior, O. F.; Severo, R. N. F.; Freitas Neto, O.; França, F. A. N. (2005). Análise da Estabilidade nas Falésias entre Tibau do Sul e Pipa - RN. IV Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas, Salvador, Brasil, v.I , 487-496 p.
- 10- Severo, R. F. (2005). *Análise da Estabilidade das Falésias entre Tibau do Sul e Pipa – RN*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- 11- Silva, W. S. (2003) *Estudo da dinâmica superficial e geotécnica das falésias do município de Tibau do Sul – Litoral Oriental do RN*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DO COMPÓSITO PLÁSTICO REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO-E (PRFV) EM CONTATO COM O PETRÓLEO**

**Camilla de Medeiros Dantas**

Aluna do Curso de Tecnologia da Fabricação Mecânica no Centro Federal de Educação Tecnológica do RN e bolsista do CNPQ.

[k1000\\_rn@hotmail.com](mailto:k1000_rn@hotmail.com)

**Renata Carla T. S. Felipe**

Profa. Mestre, UFRN, Brasil

[rcfelipe@cefetrn.br](mailto:rcfelipe@cefetrn.br)

**Raimundo Nonato Barbosa Felipe**

Prof. Mestre, UFRN, Brasil

[nonatofelipe@cefetrn.br](mailto:nonatofelipe@cefetrn.br)

**Gilson Gomes de Medeiros**

Prof. Doutor, UFSCar, Brasil

[gilsong@cefetrn.br](mailto:gilsong@cefetrn.br)

---

**RESUMO**

O uso dos materiais compostos utilizados industrialmente vem evoluindo em larga escala, seja na utilização em situações que exijam grandes solicitações ou não. Quando nos reportamos aos compósitos podemos nos referenciar aos plásticos reforçados com fibra (PRFV), que são materiais que podem ser utilizados em aplicações estruturais desde que se tenham uma avaliação do seu comportamento quando em serviço. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento mecânico do compósito formado de matriz poliéster ortoftálica reforçado com manta de fios quando colocado imerso no petróleo e antes da sua imersão. Para tanto, este compósito foi confeccionado mediante o processo de fabricação de laminação manual e obtidos corpos de prova para a realização dos ensaios de tração uniaxial e flexão em três pontos utilizando as normas ASTM D3039-06 e a norma ASTM D790-03 respectivamente, objetivando a determinação das propriedades mecânicas como módulo de elasticidade à tração, limite de resistência à tração, limite de resistência à flexão e módulo à flexão, tanto para os corpos de prova que foram imersos em petróleo para os diferentes tempos de imersão (30 e 60 dias) como para os corpos de prova que não foram imersos em petróleo. Após a determinação dessas propriedades, foi feita uma análise comparativa entre as respectivas propriedades mecânicas para as devidas condições.

**PALAVRAS-CHAVE:** compósito, poliéster/fibra de vidro-E, propriedades mecânicas

**EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF MECHANICAL COMPOSITE PLASTICS FOR STRENGTHENED BY GLASS FIBRE-E (PRFV) IN CONTACT WITH OIL**

**ABSTRACT**

The industrial use of composite materials is growing on a large scale, whether in situations that require major requests or not. When we reported on composites, we want refer to fiber reinforced plastics (FRP), which are materials that can be used in structural applications if it has been an assessment of his performance when in service. This paper aims to examine the mechanical behavior of the composite made of polyester ortoftalic matrix reinforced with manta of yarn. To this end, the composite was made by the process of manual lamination. They were manufactured proof bodies for the testing of uniaxial tensile and three-point bending, based on the standards ASTM D3039-06 and ASTM D790-03, respectively. The samples were submitted to assays to determine mechanical properties as traction elasticity module, limit of tensile strength, limit of bending resistance and bending module for both proof bodies that were immersed in oil during different times of immersion (30 and 60 days) and for the proof bodies that were not immersed in oil. After the determination of these properties, it was made a comparative analysis of the results for the samples submitted to different treatments.

**Key-words:** composite, polyester/e-glass fiber-E, mechanical properties.

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DO COMPÓSITO PLÁSTICO REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO-E (PRFV) EM CONTATO COM O PETRÓLEO**

**INTRODUÇÃO**

Os materiais compostos, ou compósitos, estão sendo empregados cada vez mais em substituição aos materiais convencionais. Na indústria, os materiais compostos vêm ocupando gradativamente o espaço dos materiais ditos convencionais, chegando inclusive a superá-los em relação a algumas propriedades específicas – são mais leves que os metais, por exemplo. Além disso, suas aplicações se estendem a diversos setores das indústrias. Eles podem melhorar a produtividade, baixar os custos e possibilitar a introdução de novas propriedades mecânicas. Como definição, pode-se dizer que um material composto é um conjunto de dois ou mais materiais diferentes, combinados em escala macroscópica, para funcionarem como uma unidade, visando obter um conjunto de propriedades que nenhum dos componentes individualmente apresenta (Mendonça, 2005). Existem vários tipos de compósitos, entre os quais o plástico reforçado por fibras de vidro (PRFV), objeto do estudo aqui relatado.

Em todo compósito, o mecanismo de danos materiais é bastante complexo. No entanto, sabe-se que esses materiais possuem uma excelente resistência à corrosão, aspecto bastante relevante a ser considerado quando o ambiente é agressivo e necessitar desta propriedade. Os compósitos, atualmente, têm aberto um campo vasto para a pesquisa, pois são materiais que necessitam sempre de análise direcionada, uma vez que possuem propriedades únicas e específicas em cada situação (Felipe *et al.*, 2007).

Os comportamentos mecânicos dos compósitos frente às condições de serviço são extremamente complexos e diversificados, e as tensões aos quais estes materiais são submetidos influenciam diretamente o mecanismo de dano, principalmente no que se refere à delaminação entre as camadas (Felipe, 1997 b). Entre as tensões acima referidas, podem-se citar aquelas associadas à umidade, que podem induzir a diminuição da resistência ao longo do tempo. Nos materiais homogêneos, a cinética de difusão da umidade está relacionada à capacidade máxima de absorção de umidade e ao mecanismo de difusibilidade. Porém, ao se tratar de um compósito, o processo de difusão da umidade depende de cada constituinte que faz parte deste material, das frações volumétricas, do arranjo e da morfologia (Vaddadi *et al.*, 2003). Além disso, um outro aspecto que se deve levar em consideração ao se trabalhar com os materiais compostos diz respeito à interface reforço/matriz, onde existe a formação de uma terceira fase, não homogênea, chamada mesmo de interface (Papanicolaou *et al.*, 2002), sendo que as outras fases são formadas pelo reforço e pela matriz.

Na indústria de petróleo e gás natural, a utilização dos materiais compostos ainda é bastante incipiente, mas já se verifica seu emprego na fabricação de plataformas e em revestimentos de tanques e tubulações. Por se tratar de um material muito resistente à corrosão e ao desgaste, a sua manutenção é mínima, o que barateia os custos. Além disso, é bem mais leve que o aço e possui uma resistência a impacto muito maior, dependendo da sua configuração e constituição. Cerca de 20% das plataformas de petróleo da Petrobras já utilizam produtos fabricados a partir de compósitos, substituindo, por exemplo, as grades de piso em aço, e, segundo estima a Abmaco – Associação Brasileira de Materiais Compósitos (conforme consta no sítio web <http://www.abmaco.org.br>), no futuro, as plataformas menores serão feitas completamente desses materiais. Entretanto, observa-se pouco estudo quanto à utilização dos materiais compostos a serem utilizados na indústria do petróleo e gás natural, apesar do seu grande potencial. Falta uma análise mais criteriosa quanto ao uso destes materiais na fabricação de tanques para armazenamento de óleo, vasos separadores, tubulações para transporte de petróleo, entre outros elementos que fazem parte da referida indústria.

O objetivo desse trabalho consiste em comparar as propriedades mecânicas de tração uniaxial e flexão em três pontos do compósito formado por resina poliéster e manta de fibra de vidro-E, quando imerso em petróleo por 30 e 60 dias e antes da sua imersão. Trabalhos anteriormente desenvolvidos mostraram que, quando imerso em água por estes mesmos períodos, o material sofre variações em suas propriedades (Felipe, 1997b). Desta forma, definiu-se verificar o comportamento mecânico do material após imersão em óleo nesses mesmos tempos. Utilizou-se o processo de laminação manual para a fabricação do respectivo material. Além disso, foram confeccionados corpos de prova segundo as normas ASTM D3039-06 e ASTM D790-03 para os ensaios de tração e flexão, respectivamente.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **a) Materiais**

Para a fabricação do compósito, utilizou-se como matriz a resina poliéster insaturada L-120/08 pré-acelerada, fabricada pela NOVOCOL, com as seguintes características (fornecidas pelo fabricante): densidade entre 1,10 e 1,15 g/cm<sup>3</sup>; viscosidade BROOKFIELD, a 25 °C, entre 260 e 300 cP. O catalisador utilizado para o sistema de cura

da resina foi a metil-etil-cetona (MEKP), fabricada pela AKZO NOBEL. Como material de reforço, foi usada a manta de fios picados de vidro-E, produzida pela OWENS-CORNING com uma gramatura de 450 g/m<sup>2</sup>. O petróleo utilizado para a imersão dos corpos de prova foi cedido pela PETROBRAS/UN-RNCE, tendo um API 30,1518 (dado fornecido pelo laboratório da unidade UN-RNCE/ATP-MO).

### **Equipamentos**

Os equipamentos empregados nesta pesquisa foram:

- Máquina de ensaio universal Pavitest (CONTENCO);
- Forno do tipo mufla, modelo F 100 (EDGCON 3P);
- Balança eletrônica, analítica, modelo FA2104N (BIOPRECISA).

### **b) Métodos**

O compósito foi produzido mediante o processo de laminação manual, com 1% de catalisador em volume referente à resina poliéster, sendo formado por quatro camadas de manta de fios picados de vidro-E, obtendo-se, desta maneira, uma placa. Após a cura, foram cortados corpos de prova (CP) para caracterização do compósito, através da determinação da densidade, e para o ensaio de calcinação, visando a obtenção das frações volumétricas de matriz, reforço e vazios do material obtido. Desta mesma placa foram também cortados corpos de provas para a realização dos ensaios de tração uniaxial e flexão em três pontos, sendo parte dos CP imersos em petróleo pelos períodos já mencionados.

### **Ensaio de Densidade**

A densidade do compósito, determinada com base na norma ASTM D 792/00 e com a utilização de cinco corpos de prova, foi calculada pela Eq. (1),

$$D = [a / (a + w - b)] \times 0,9975 \quad \text{equação (1)}$$

sendo: D = densidade do compósito (g/cm<sup>3</sup>); a = massa da amostra seca (g); w = massa do fio parcialmente imerso em água (g); b = massa do fio com as amostras imersas em água (g).

### **Ensaio de Calcinação**

Os corpos de provas utilizados no ensaio de densidade foram calcinados, objetivando-se eliminar parte da resina, e, em seguida, colocados na mufla a 750 °C, por um período de 40 minutos. Feito isto, as frações volumétricas de resina, fibra e vazios foram calculadas segundo as equações abaixo (Gay,1991; Felipe, 1997a).

#### **Teor em massa de fibra**

Para a determinação do teor em massa de fibra, utilizou-se a Eq. (2):

$$M_f = m_f / M_T \quad \text{equação (2)}$$

sendo: M<sub>f</sub> = teor em massa de fibra; m<sub>f</sub> = massa de fibra após a calcinação (g); m<sub>t</sub> = massa total da amostra (g).

#### **Teor em massa de resina**

Para a determinação do teor em massa de resina, utilizou-se a Eq. (3):

$$\mathbf{Mm = 1 - Mf} \quad \text{equação (3)}$$

sendo: Mm = teor em massa de resina, Mf = teor em massa de fibra.

#### **Fração volumétrica de fibra**

Para a determinação do teor volumétrico de fibras, utilizou-se a Eq. (4):

$$\mathbf{Vf = (D \times Mf) / DF} \quad \text{equação (4)}$$

sendo: Vf = teor em volume de fibra (%), D = densidade do compósito ( $\text{g/cm}^3$ ); Df = densidade da fibra ( $\text{g/cm}^3$ ).

#### **Fração volumétrica de resina**

Para a determinação do teor volumétrico de resina, utilizou-se a Eq. (5).

$$\mathbf{Vm = (D \times Mm) / DM} \quad \text{equação (5)}$$

sendo: Vm = teor em volume de resina (%); D = densidade do compósito ( $\text{g/cm}^3$ ); Dm = densidade da resina ( $\text{g/cm}^3$ ).

#### **Teor em volume de vazios**

A partir dos teores em volume de fibra e de resina, determinou-se o teor em volume de vazios, através da Eq. (6):

$$\mathbf{Vv = 1 - (Vf + Vm)} \quad \text{equação (6)}$$

sendo: Vv = teor em volume de vazios (%), Vf = teor em volume de fibra (%); Vm = teor em volume de resina (%).

### **Ensaio de Flexão em Três Pontos**

Segundo a norma ASTM D 790/03, as dimensões dos corpos de prova (CP) devem variar conforme a espessura do material. Desta forma, considerando a espessura média da placa após a cura, os corpos de prova deste trabalho ficaram com as seguintes dimensões: 76 x 25 x 3,20 mm (comprimento, largura e espessura). Parte dos CP foi imersa em petróleo por períodos de 30 ou 60 dias. Foram ensaiados corpos de prova tanto na situação sem imersão como com imersão em ambos os períodos, em um total de cinco para cada situação. A velocidade de ensaio foi de 1 mm/min. A seguir, são apresentadas as equações, segundo a norma citada, para a determinação do limite de resistência e do módulo.

#### **Limite de resistência à flexão**

Para esse cálculo, utilizou-se a equação (7), mostrada abaixo:

$$\mathbf{S = (3P_{\text{máx}}L)/(2bd^2)} \quad \text{equação (7)}$$

sendo: S = limite de resistência à flexão (MPa);  $P_{\text{máx}}$  = carga máxima de ensaio (N); L = distância entre os apoios (mm); b = largura do CP (mm); d = espessura do CP (mm).

#### **Módulo de elasticidade à flexão**

Para o cálculo do módulo à flexão, utilizou-se a Eq. (8):

$$\mathbf{E = L^3m/4bd^3} \quad \text{equação (8)}$$

sendo: E = módulo de elasticidade (MPa); m = tangente formada pela curva carga e deflexão; L = distância entre os apoios (mm); b = largura do CP (mm); d = espessura do CP (mm).

### Ensaio de Tração Uniaxial

Para a realização deste ensaio, utilizou-se como fundamento a norma ASTM D 3039/06, tendo os corpos de prova as seguintes dimensões: 25,4 mm de largura, 127 mm de distância entre as lingüetas e 203 mm de comprimento total. Parte dos CP foi imersa em petróleo por períodos de 30 ou 60 dias e depois ensaiados. Para a determinação das propriedades de tração uniaxial, foram fraturados cinco corpos de prova para cada situação (30 e 60 dias de imersão e sem imersão), a uma velocidade de 1 mm/min, sendo determinados o limite de resistência e o módulo do material utilizando as seguintes equações, segundo a norma acima referida.

#### Limite de resistência à tração

O cálculo foi feito com a equação (9), mostrada abaixo:

$$S = P/bd \quad \text{equação (9)}$$

sendo: S = tensão de ruptura (MPa); P = carga máxima de ensaio (N); b = largura do CP na parte útil (mm); d = espessura do CP na parte útil (mm).

#### Módulo de elasticidade à tração

O módulo de elasticidade foi determinado com o emprego da Eq. (10):

$$E = (\Delta P/\Delta l) (l/bd) \quad \text{equação (10)}$$

sendo: E = módulo de elasticidade (MPa);  $\Delta P/\Delta l$  = variação da carga em função da variação do comprimento, na parte linear da curva formada entre carga e deformação; l = distância entre as lingüetas (mm); b = largura do CP na parte útil (mm); d = espessura do CP na parte útil (mm).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Densidade do Compósito e Teores de Reforço, Matriz e Vazios

Na Tabela 1, são mostrados os valores médios obtidos para a densidade do compósito e os teores de reforço, de matriz (resina) e de vazios, determinados apenas para a situação do material sem imersão em petróleo, ou seja, estado seco.

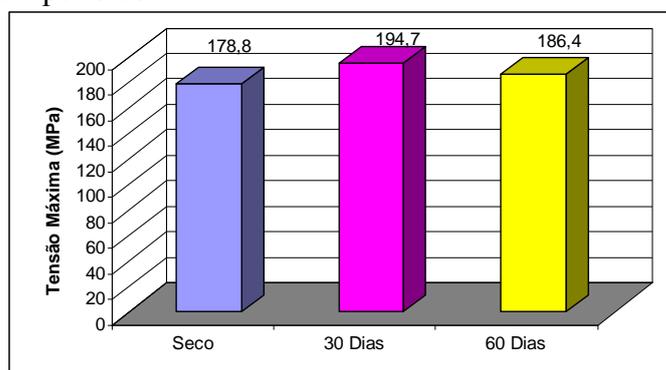
**Tabela 1. Caracterização do compósito.**

Compósito	Valor médio	Desvio padrão
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,52	± 0,3
Teor de reforço (%)	24 %	± 1%
Teor de resina (%)	74%	± 1%
Teor de vazios (%)	2%	± 1,5%

### Ensaio de Flexão em Três Pontos

Apesar de haver uma variação entre as propriedades analisadas referentes à flexão, observou-se que, para os CP submetidos aos diferentes tempos de imersão (30 e 60) dias e para os CP sem imersão, o dano ocorrido no material após a realização do ensaio se deu na camada externa do corpo de prova, ou seja, na região em que o material foi submetido à tração, sendo uma característica de uma fratura quando um material tem um bom desempenho frente às solicitações mecânicas, neste caso, a flexão em três pontos. Porém, verifica-se que houve, para ambos os tempos de imersão, uma penetração do petróleo nas camadas externas.

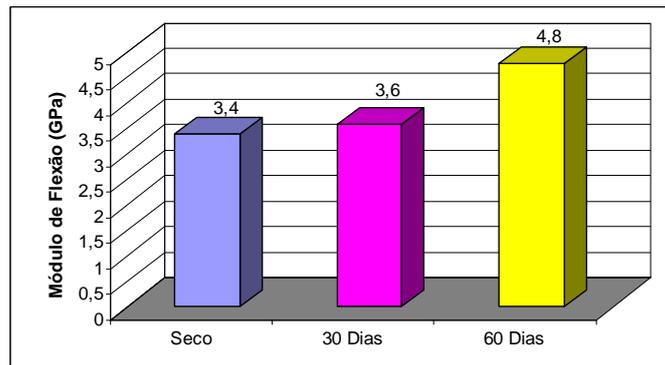
A seguir, é apresentada na Figura (1) uma comparação entre os valores médios da resistência à flexão do material para as situações sem imersão e após 30 e 60 dias de imersão dos CP em petróleo.



**Figura 1. Análise comparativa do limite de resistência à flexão, para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão**

Como pode ser observado na figura acima, o CP no estado seco, ou seja, sem imersão em petróleo, alcançou um valor médio de resistência à flexão de 178,8 MPa. Já para a situação de imersão por 30 dias, houve um acréscimo de aproximadamente 8,9%; e, para a situação de 60 dias de imersão, a resistência aumentou cerca de aproximadamente 4,4% com relação ao estado seco e decresceu aproximadamente 4,1%, quando comparado com o resultado de 30 dias de imersão em petróleo. Desta forma, observa-se que houve um acréscimo da resistência à flexão com 30 dias de imersão, porém com 60 dias a resistência caiu em relação ao período de 30 dias, embora continuando superior ao estado seco.

Na Figura 2, é apresentado o comportamento mecânico no que diz respeito ao módulo de elasticidade à flexão.



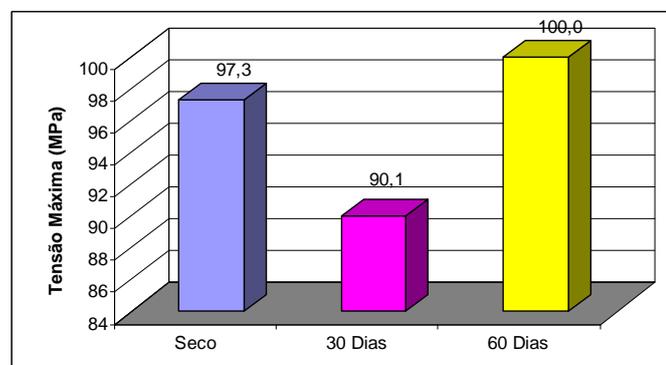
**Figura 2. Análise comparativa do limite do módulo de elasticidade à flexão, para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão.**

Conforme esses resultados, houve um acréscimo do módulo à flexão, de cerca de aproximadamente 5,9%, para 30 dias de imersão com relação ao estado seco, e de cerca de 41,2% para o período de 60 dias, também comparado com o estado seco, observando-se desta forma um aumento gradativo do módulo de elasticidade para as duas situações. Verificou-se um aumento no módulo de elasticidade do compósito ao longo do tempo de imersão em petróleo, contrariando desta forma outros trabalhos quando o material foi imerso em água (Silva *et al.*, 2007).

### Ensaio de Tração Uniaxial

Observou-se que, após a realização do ensaio de tração, a ruptura do corpo de prova aconteceu na região útil do material, para todos os CP. Além disso, ocorreu também a migração do petróleo nas camadas externas do corpo de prova. Porém, ao se comparar o estado seco com o estado de imersão por 60 dias, nota-se um acréscimo das propriedades de resistência à tração e do módulo de elasticidade, contrariando trabalhos já publicados quando o compósito foi imerso em água (Felipe, 1997b).

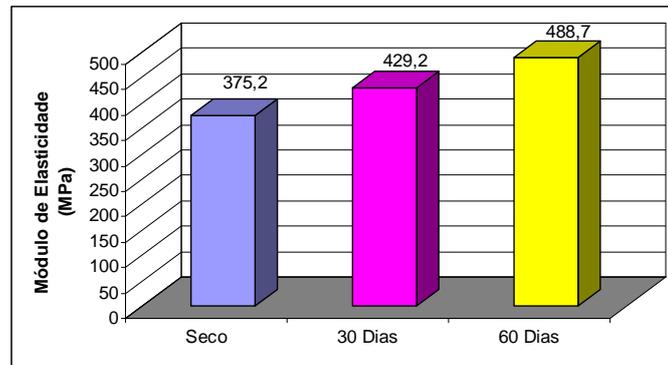
Os resultados obtidos para o valor médio da resistência à tração do material, para as situações sem imersão e após 30 e 60 dias de imersão dos CP em petróleo, são mostrados na Figura 3.



**Figura 3. Análise comparativa da tensão máxima de ruptura à tração, para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão.**

Como pode ser observado na figura anterior, a resistência à tração para um período de 30 dias de imersão em petróleo caiu e, quando se observa essa resistência para o período de 60 dias, a mesma é elevada quando comparada às outras duas situações (sem imersão e após 30 dias de imersão).

A Figura 4, a seguir, apresenta os dados no que diz respeito ao módulo de elasticidade do material quando submetido ao ensaio de tração uniaxial.



**Figura 4. Análise comparativa do módulo de elasticidade à tração para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão.**

A partir da análise da figura acima, observa-se que a rigidez do material variou significativamente quando comparados os estados dos corpos de prova ensaiados. Para aqueles imersos em petróleo por 30 e 60 dias, a rigidez aumentou cerca de 14,4% e 30,2%, respectivamente, em relação ao material seco, observando-se desta forma um aumento progressivo do módulo, contrariando dados obtidos em trabalhos anteriores (Felipe, 1997 b).

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### Conclusões

No que se refere aos dados obtidos no ensaio de flexão em três pontos, observou-se que a tensão máxima de flexão foi elevada quando comparados os estados seco e após 30 dias de imersão, passando de 178,8 MPa para 194,7 MPa, porém, quando comparada a tensão máxima de flexão do CP após imersão por 60 dias (186,4 MPa) com a do CP imerso por 30 dias, verificou-se uma redução dessa propriedade, porém continuando superior à do CP sem imersão. Quanto ao módulo de flexão, houve um aumento gradativo do estado seco para os outros estados (30 e 60 dias de imersão). Este comportamento, no que se refere aos valores para o ensaio de flexão, é justificado devido ao mecanismo de carregamento a que o corpo de prova é submetido.

Com respeito aos dados obtidos no ensaio de tração uniaxial, observou-se que a resistência à tração caiu para o estado de 30 dias de imersão quando comparado o estado seco, porém após 60 dias de imersão houve uma elevação desta resistência. Já quanto ao módulo de elasticidade, ocorreu um aumento gradativo ao longo dos períodos de imersão, ou seja, houve um aumento da rigidez do material.

## Sugestões

Sugere-se a realização de uma análise da interface fibra/matriz para se verificar o mecanismo de dano no compósito para todas as situações nas quais os corpos de provas foram ensaiados neste trabalho, obtendo-se, desta forma, uma maior clareza sobre o comportamento do material, já que se pôde verificar a olho nu a presença de petróleo em pontos internos do compósito.

Além disso, observa-se a necessidade de um maior tempo de imersão dos corpos de prova em petróleo, para a determinação das respectivas propriedades, objetivando um maior nível de confiança nos valores encontrados.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos o apoio do CNPq, pela bolsa PIBIT concedida à aluna; da Tecniplas Tubos e Conexões Ltda., pelo fornecimento da matéria prima para a fabricação do compósito; e da PETROBRAS/UN-RNCE, pelo fornecimento do petróleo.

## REFERÊNCIAS

1. American Society for Testing and Materials, ASTM D 790/03: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials - American Society for Testing and Materials, 1990.
2. American Society for Testing and Materials, ASTM D 3039/06 – Standard Test Methods for Tensile Properties of Fiber-Resin Composites - American Society for Testing and Materials, 1970.
3. American Society for Testing and Materials, ASTM D 792/00 – Standard Test Methods for Specific Gravity and Density of Plastics by Displacement - American Society for Testing and Materials, 1979.
4. Felipe, R. C. T. S.; Araújo, L. G.; Costa, A. F.; Dias, M. B. – Comparação entre as Propriedades Mecânicas de um Compósito Híbrido Formado por um Tecido Reciclado de PET /Fibra de Vidro-E/Poliéster com um Compósito Constituído por Poliéster/Fibra de Vidro-E. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, Paraíba, 2007.
5. Felipe, R. N. B. – Moldagem a Vácuo de Plástico Reforçado. Parâmetros de Controle e Propriedades dos Moldados em PRFV- Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do RN, Natal, p. 120, 1997a.
6. Felipe, R. C. T. S. –Comportamento Mecânico e Fratura de Moldados em PRFV- Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do RN, Natal, p. 115, 1997b.
7. Gay, D. – Matériaux Composites – Editions Hermès, Paris, 1991.
8. Mendonça, P. T. R. – Materiais Compostos & Estruturas-Sanduíches – Barueri, SP: Manoele, 2005.

9. Papanicolaou, G. C., Michalopoulou, M. V. and Anifantis, N. K. (2002) – Thermal Stresses in Fibrous Composite Incorporating Hybrid Interphase Regions, *Compos. Sci. Tech.*, 62(14): 1881–1894.
10. Silva, R. V.; Aquino, E. M.; Rodrigues, L. P. S.; Barros, A. R. F. – Desenvolvimento de um Compósito Laminado Híbrido com Fibras Natural e Sintética – 62nd International Annual Congress, Vitória, 2007.
11. Vaddadi, P., Nakamura, T. and Singh, R. P. (2003) – Inverse Analysis for Transient Moisture Diffusion through Fiber-reinforced Composites, *Acta Mater.*, 51(1): 177–193.
12. <http://www.abmaco.org.br>

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DO COMPÓSITO PLÁSTICO REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO-E (PRFV) EM CONTATO COM O PETRÓLEO**

**Camilla de Medeiros Dantas**

Aluna do Curso de Tecnologia da Fabricação Mecânica no Centro Federal de Educação Tecnológica do RN e bolsista do CNPq

[k1000\\_rn@hotmail.com](mailto:k1000_rn@hotmail.com)

**Renata Carla T. S. Felipe**

Profa. Mestre, UFRN, Brasil

[rcfelipe@cefetrn.br](mailto:rcfelipe@cefetrn.br)

**Raimundo Nonato Barbosa Felipe**

Prof. Mestre, UFRN, Brasil

[nonatofelipe@cefetrn.br](mailto:nonatofelipe@cefetrn.br)

**Gilson Gomes de Medeiros**

Prof. Doutor, UFSCar, Brasil

[gilsong@cefetrn.br](mailto:gilsong@cefetrn.br)

---

**RESUMO**

O uso dos materiais compostos utilizados industrialmente vem evoluindo em larga escala, seja na utilização em situações que exijam grandes solicitações ou não. Quando nos reportamos aos compósitos podemos nos referenciar aos plásticos reforçados com fibra (PRFV), que são materiais que podem ser utilizados em aplicações estruturais desde que se tenham uma avaliação do seu comportamento quando em serviço. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento mecânico do compósito formado de matriz poliéster ortoftálica reforçado com manta de fios quando colocado imerso no petróleo e antes da sua imersão. Para tanto, este compósito foi confeccionado mediante o processo de fabricação de laminação manual e obtidos corpos de prova para a realização dos ensaios de tração uniaxial e flexão em três pontos utilizando as normas ASTM D3039-06 e a norma ASTM D790-03 respectivamente, objetivando a determinação das propriedades mecânicas como módulo de elasticidade à tração, limite de resistência à tração, limite de resistência à flexão e módulo à flexão, tanto para os corpos de prova que foram imersos em petróleo para os diferentes tempos de imersão (30 e 60 dias) como para os corpos de prova que não foram imersos em petróleo. Após a determinação dessas propriedades, foi feita uma análise comparativa entre as respectivas propriedades mecânicas para as devidas condições.

**PALAVRAS-CHAVE:** compósito, poliéster/fibra de vidro-E, propriedades mecânicas

**EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF MECHANICAL COMPOSITE PLASTICS FOR STRENGTHENED BY GLASS FIBRE-E (PRFV) IN CONTACT WITH OIL**

**ABSTRACT**

The industrial use of composite materials is growing on a large scale, whether in situations that require major requests or not. When we reported on composites, we want refer to fiber reinforced plastics (FRP), which are materials that can be used in structural applications if it has been an assessment of his performance when in service. This paper aims to examine the mechanical behavior of the composite made of polyester ortoftalic matrix reinforced with manta of yarn. To this end, the composite was made by the process of manual lamination. They were manufactured proof bodies for the testing of uniaxial tensile and three-point bending, based on the standards ASTM D3039-06 and ASTM D790-03, respectively. The samples were submitted to assays to determine mechanical properties as traction elasticity module, limit of tensile strength, limit of bending resistance and bending module for both proof bodies that were immersed in oil during different times of immersion (30 and 60 days) and for the proof bodies that were not immersed in oil. After the determination of these properties, it was made a comparative analysis of the results for the samples submitted to different treatments.

**Key-words:** composite, polyester/e-glass fiber-E, mechanical properties.

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DO COMPÓSITO PLÁSTICO REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO-E (PRFV) EM CONTATO COM O PETRÓLEO**

**INTRODUÇÃO**

Os materiais compostos, ou compósitos, estão sendo empregados cada vez mais em substituição aos materiais convencionais. Na indústria, os materiais compostos vêm ocupando gradativamente o espaço dos materiais ditos convencionais, chegando inclusive a superá-los em relação a algumas propriedades específicas – são mais leves que os metais, por exemplo. Além disso, suas aplicações se estendem a diversos setores das indústrias. Eles podem melhorar a produtividade, baixar os custos e possibilitar a introdução de novas propriedades mecânicas. Como definição, pode-se dizer que um material composto é um conjunto de dois ou mais materiais diferentes, combinados em escala macroscópica, para funcionarem como uma unidade, visando obter um conjunto de propriedades que nenhum dos componentes individualmente apresenta (Mendonça, 2005). Existem vários tipos de compósitos, entre os quais o plástico reforçado por fibras de vidro (PRFV), objeto do estudo aqui relatado.

Em todo compósito, o mecanismo de danos materiais é bastante complexo. No entanto, sabe-se que esses materiais possuem uma excelente resistência à corrosão, aspecto bastante relevante a ser considerado quando o ambiente é agressivo e necessitar desta propriedade. Os compósitos, atualmente, têm aberto um campo vasto para a pesquisa, pois são materiais que necessitam sempre de análise direcionada, uma vez que possuem propriedades únicas e específicas em cada situação (Felipe *et al.*, 2007).

Os comportamentos mecânicos dos compósitos frente às condições de serviço são extremamente complexos e diversificados, e as tensões aos quais estes materiais são submetidos influenciam diretamente o mecanismo de dano, principalmente no que se refere à delaminação entre as camadas (Felipe, 1997 b). Entre as tensões acima referidas, podem-se citar aquelas associadas à umidade, que podem induzir a diminuição da resistência ao longo do tempo. Nos materiais homogêneos, a cinética de difusão da umidade está relacionada à capacidade máxima de absorção de umidade e ao mecanismo de difusibilidade. Porém, ao se tratar de um compósito, o processo de difusão da umidade depende de cada constituinte que faz parte deste material, das frações volumétricas, do arranjo e da morfologia (Vaddadi *et al.*, 2003). Além disso, um outro aspecto que se deve levar em consideração ao se trabalhar com os materiais compostos diz respeito à interface reforço/matriz, onde existe a formação de uma terceira fase, não homogênea, chamada mesmo de interface (Papanicolaou *et al.*, 2002), sendo que as outras fases são formadas pelo reforço e pela matriz.

Na indústria de petróleo e gás natural, a utilização dos materiais compostos ainda é bastante incipiente, mas já se verifica seu emprego na fabricação de plataformas e em revestimentos de tanques e tubulações. Por se tratar de um material muito resistente à corrosão e ao desgaste, a sua manutenção é mínima, o que barateia os custos. Além disso, é bem mais leve que o aço e possui uma resistência a impacto muito maior, dependendo da sua configuração e constituição. Cerca de 20% das plataformas de petróleo da Petrobras já utilizam produtos fabricados a partir de compósitos, substituindo, por exemplo, as grades de piso em aço, e, segundo estima a Abmaco – Associação Brasileira de Materiais Compósitos (conforme consta no sítio web <http://www.abmaco.org.br>), no futuro, as plataformas menores serão feitas completamente desses materiais. Entretanto, observa-se pouco estudo quanto à utilização dos materiais compostos a serem utilizados na indústria do petróleo e gás natural, apesar do seu grande potencial. Falta uma análise mais criteriosa quanto ao uso destes materiais na fabricação de tanques para armazenamento de óleo, vasos separadores, tubulações para transporte de petróleo, entre outros elementos que fazem parte da referida indústria.

O objetivo desse trabalho consiste em comparar as propriedades mecânicas de tração uniaxial e flexão em três pontos do compósito formado por resina poliéster e manta de fibra de vidro-E, quando imerso em petróleo por 30 e 60 dias e antes da sua imersão. Trabalhos anteriormente desenvolvidos mostraram que, quando imerso em água por estes mesmos períodos, o material sofre variações em suas propriedades (Felipe, 1997b). Desta forma, definiu-se verificar o comportamento mecânico do material após imersão em óleo nesses mesmos tempos. Utilizou-se o processo de laminação manual para a fabricação do respectivo material. Além disso, foram confeccionados corpos de prova segundo as normas ASTM D3039-06 e ASTM D790-03 para os ensaios de tração e flexão, respectivamente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### a) Materiais

Para a fabricação do compósito, utilizou-se como matriz a resina poliéster insaturada L-120/08 pré-acelerada, fabricada pela NOVOCOL, com as seguintes características (fornecidas pelo fabricante): densidade entre 1,10 e 1,15 g/cm<sup>3</sup>; viscosidade BROOKFIELD, a 25 °C, entre 260 e 300 cP. O catalisador utilizado para o sistema de cura

da resina foi a metil-etil-cetona (MEKP), fabricada pela AKZO NOBEL. Como material de reforço, foi usada a manta de fios picados de vidro-E, produzida pela OWENS-CORNING com uma gramatura de 450 g/m<sup>2</sup>. O petróleo utilizado para a imersão dos corpos de prova foi cedido pela PETROBRAS/UN-RNCE, tendo um API 30,1518 (dado fornecido pelo laboratório da unidade UN-RNCE/ATP-MO).

### **Equipamentos**

Os equipamentos empregados nesta pesquisa foram:

- Máquina de ensaio universal Pavitest (CONTENCO);
- Forno do tipo mufla, modelo F 100 (EDGCON 3P);
- Balança eletrônica, analítica, modelo FA2104N (BIOPRECISA).

### **b) Métodos**

O compósito foi produzido mediante o processo de laminação manual, com 1% de catalisador em volume referente à resina poliéster, sendo formado por quatro camadas de manta de fios picados de vidro-E, obtendo-se, desta maneira, uma placa. Após a cura, foram cortados corpos de prova (CP) para caracterização do compósito, através da determinação da densidade, e para o ensaio de calcinação, visando a obtenção das frações volumétricas de matriz, reforço e vazios do material obtido. Desta mesma placa foram também cortados corpos de provas para a realização dos ensaios de tração uniaxial e flexão em três pontos, sendo parte dos CP imersos em petróleo pelos períodos já mencionados.

### **Ensaio de Densidade**

A densidade do compósito, determinada com base na norma ASTM D 792/00 e com a utilização de cinco corpos de prova, foi calculada pela Eq. (1),

$$D = [a / (a + w - b)] \times 0,9975 \quad \text{equação (1)}$$

sendo: D = densidade do compósito (g/cm<sup>3</sup>); a = massa da amostra seca (g); w = massa do fio parcialmente imerso em água (g); b = massa do fio com as amostras imersas em água (g).

### **Ensaio de Calcinação**

Os corpos de provas utilizados no ensaio de densidade foram calcinados, objetivando-se eliminar parte da resina, e, em seguida, colocados na mufla a 750 °C, por um período de 40 minutos. Feito isto, as frações volumétricas de resina, fibra e vazios foram calculadas segundo as equações abaixo (Gay,1991; Felipe, 1997a).

#### **Teor em massa de fibra**

Para a determinação do teor em massa de fibra, utilizou-se a Eq. (2):

$$M_f = m_f / M_T \quad \text{equação (2)}$$

sendo: M<sub>f</sub> = teor em massa de fibra; m<sub>f</sub> = massa de fibra após a calcinação (g); m<sub>t</sub> = massa total da amostra (g).

#### **Teor em massa de resina**

Para a determinação do teor em massa de resina, utilizou-se a Eq. (3):

$$\mathbf{Mm = 1 - Mf} \quad \text{equação (3)}$$

sendo: Mm = teor em massa de resina, Mf = teor em massa de fibra.

#### **Fração volumétrica de fibra**

Para a determinação do teor volumétrico de fibras, utilizou-se a Eq. (4):

$$\mathbf{Vf = (D \times Mf) / DF} \quad \text{equação (4)}$$

sendo: Vf = teor em volume de fibra (%), D = densidade do compósito ( $\text{g/cm}^3$ ); Df = densidade da fibra ( $\text{g/cm}^3$ ).

#### **Fração volumétrica de resina**

Para a determinação do teor volumétrico de resina, utilizou-se a Eq. (5):

$$\mathbf{Vm = (D \times Mm) / DM} \quad \text{equação (5)}$$

sendo: Vm = teor em volume de resina (%); D = densidade do compósito ( $\text{g/cm}^3$ ); Dm = densidade da resina ( $\text{g/cm}^3$ ).

#### **Teor em volume de vazios**

A partir dos teores em volume de fibra e de resina, determinou-se o teor em volume de vazios, através da Eq. (6):

$$\mathbf{Vv = 1 - (Vf + Vm)} \quad \text{equação (6)}$$

sendo: Vv = teor em volume de vazios (%), Vf = teor em volume de fibra (%); Vm = teor em volume de resina (%).

### **Ensaio de Flexão em Três Pontos**

Segundo a norma ASTM D 790/03, as dimensões dos corpos de prova (CP) devem variar conforme a espessura do material. Desta forma, considerando a espessura média da placa após a cura, os corpos de prova deste trabalho ficaram com as seguintes dimensões: 76 x 25 x 3,20 mm (comprimento, largura e espessura). Parte dos CP foi imersa em petróleo por períodos de 30 ou 60 dias. Foram ensaiados corpos de prova tanto na situação sem imersão como com imersão em ambos os períodos, em um total de cinco para cada situação. A velocidade de ensaio foi de 1 mm/min. A seguir, são apresentadas as equações, segundo a norma citada, para a determinação do limite de resistência e do módulo.

#### **Limite de resistência à flexão**

Para esse cálculo, utilizou-se a equação (7), mostrada abaixo:

$$\mathbf{S = (3P_{\text{máx}}L)/(2bd^2)} \quad \text{equação (7)}$$

sendo: S = limite de resistência à flexão (MPa);  $P_{\text{máx}}$  = carga máxima de ensaio (N); L = distância entre os apoios (mm); b = largura do CP (mm); d = espessura do CP (mm).

#### **Módulo de elasticidade à flexão**

Para o cálculo do módulo à flexão, utilizou-se a Eq. (8):

$$\mathbf{E = L^3m/4bd^3} \quad \text{equação (8)}$$

sendo: E = módulo de elasticidade (MPa); m = tangente formada pela curva carga e deflexão; L = distância entre os apoios (mm); b = largura do CP (mm); d = espessura do CP (mm).

### Ensaio de Tração Uniaxial

Para a realização deste ensaio, utilizou-se como fundamento a norma ASTM D 3039/06, tendo os corpos de prova as seguintes dimensões: 25,4 mm de largura, 127 mm de distância entre as lingüetas e 203 mm de comprimento total. Parte dos CP foi imersa em petróleo por períodos de 30 ou 60 dias e depois ensaiados. Para a determinação das propriedades de tração uniaxial, foram fraturados cinco corpos de prova para cada situação (30 e 60 dias de imersão e sem imersão), a uma velocidade de 1 mm/min, sendo determinados o limite de resistência e o módulo do material utilizando as seguintes equações, segundo a norma acima referida.

#### Limite de resistência à tração

O cálculo foi feito com a equação (9), mostrada abaixo:

$$S = P/bd \quad \text{equação (9)}$$

sendo: S = tensão de ruptura (MPa); P = carga máxima de ensaio (N); b = largura do CP na parte útil (mm); d = espessura do CP na parte útil (mm).

#### Módulo de elasticidade à tração

O módulo de elasticidade foi determinado com o emprego da Eq. (10):

$$E = (\Delta P/\Delta l) (l/bd) \quad \text{equação (10)}$$

sendo: E = módulo de elasticidade (MPa);  $\Delta P/\Delta l$  = variação da carga em função da variação do comprimento, na parte linear da curva formada entre carga e deformação; l = distância entre as lingüetas (mm); b = largura do CP na parte útil (mm); d = espessura do CP na parte útil (mm).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Densidade do Compósito e Teores de Reforço, Matriz e Vazios

Na Tabela 1, são mostrados os valores médios obtidos para a densidade do compósito e os teores de reforço, de matriz (resina) e de vazios, determinados apenas para a situação do material sem imersão em petróleo, ou seja, estado seco.

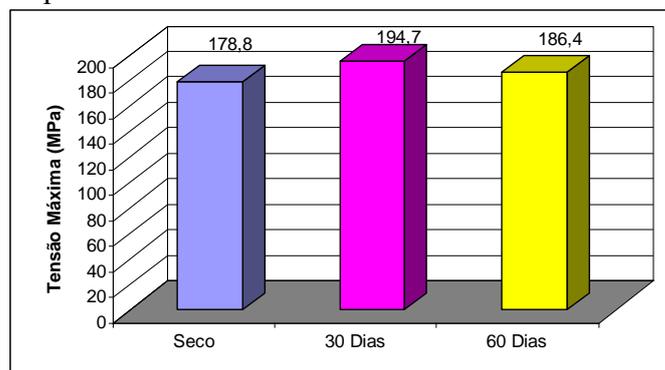
**Tabela 1. Caracterização do compósito.**

Compósito	Valor médio	Desvio padrão
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,52	± 0,3
Teor de reforço (%)	24 %	± 1%
Teor de resina (%)	74%	± 1%
Teor de vazios (%)	2%	± 1,5%

### Ensaio de Flexão em Três Pontos

Apesar de haver uma variação entre as propriedades analisadas referentes à flexão, observou-se que, para os CP submetidos aos diferentes tempos de imersão (30 e 60) dias e para os CP sem imersão, o dano ocorrido no material após a realização do ensaio se deu na camada externa do corpo de prova, ou seja, na região em que o material foi submetido à tração, sendo uma característica de uma fratura quando um material tem um bom desempenho frente às solicitações mecânicas, neste caso, a flexão em três pontos. Porém, verifica-se que houve, para ambos os tempos de imersão, uma penetração do petróleo nas camadas externas.

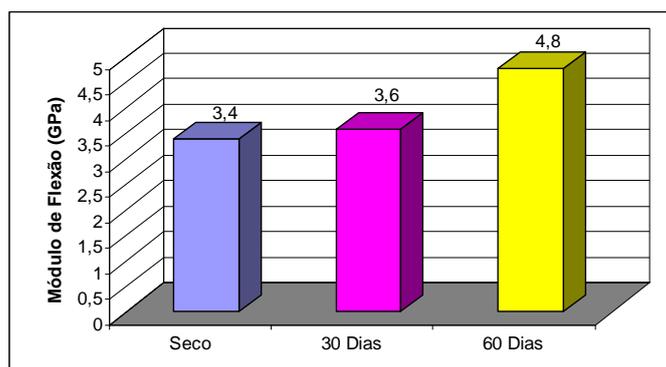
A seguir, é apresentada na Figura (1) uma comparação entre os valores médios da resistência à flexão do material para as situações sem imersão e após 30 e 60 dias de imersão dos CP em petróleo.



**Figura 1. Análise comparativa do limite de resistência à flexão, para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão**

Como pode ser observado na figura acima, o CP no estado seco, ou seja, sem imersão em petróleo, alcançou um valor médio de resistência à flexão de 178,8 MPa. Já para a situação de imersão por 30 dias, houve um acréscimo de aproximadamente 8,9%; e, para a situação de 60 dias de imersão, a resistência aumentou cerca de aproximadamente 4,4% com relação ao estado seco e decresceu aproximadamente 4,1%, quando comparado com o resultado de 30 dias de imersão em petróleo. Desta forma, observa-se que houve um acréscimo da resistência à flexão com 30 dias de imersão, porém com 60 dias a resistência caiu em relação ao período de 30 dias, embora continuando superior ao estado seco.

Na Figura 2, é apresentado o comportamento mecânico no que diz respeito ao módulo de elasticidade à flexão.



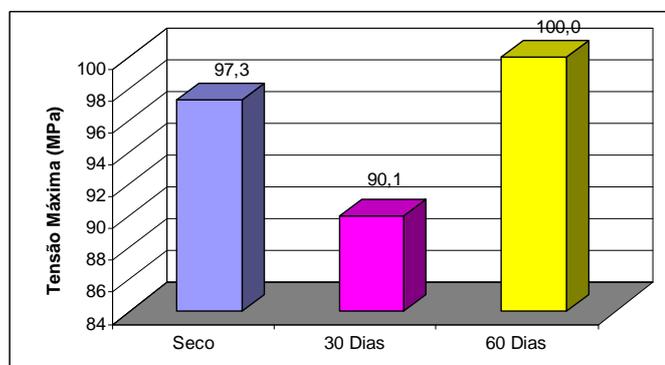
**Figura 2. Análise comparativa do limite do módulo de elasticidade à flexão, para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão.**

Conforme esses resultados, houve um acréscimo do módulo à flexão, de cerca de aproximadamente 5,9%, para 30 dias de imersão com relação ao estado seco, e de cerca de 41,2% para o período de 60 dias, também comparado com o estado seco, observando-se desta forma um aumento gradativo do módulo de elasticidade para as duas situações. Verificou-se um aumento no módulo de elasticidade do compósito ao longo do tempo de imersão em petróleo, contrariando desta forma outros trabalhos quando o material foi imerso em água (Silva *et al.*, 2007).

### Ensaio de Tração Uniaxial

Observou-se que, após a realização do ensaio de tração, a ruptura do corpo de prova aconteceu na região útil do material, para todos os CP. Além disso, ocorreu também a migração do petróleo nas camadas externas do corpo de prova. Porém, ao se comparar o estado seco com o estado de imersão por 60 dias, nota-se um acréscimo das propriedades de resistência à tração e do módulo de elasticidade, contrariando trabalhos já publicados quando o compósito foi imerso em água (Felipe, 1997b).

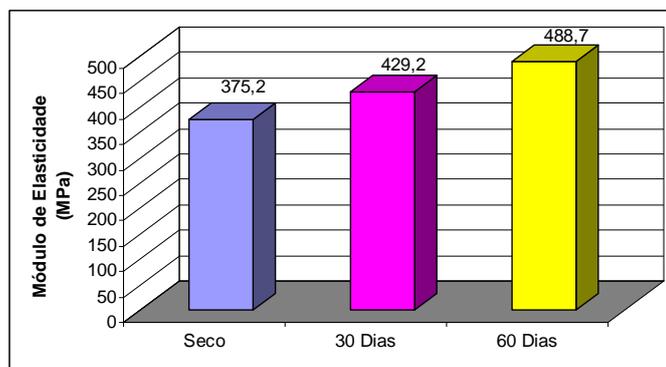
Os resultados obtidos para o valor médio da resistência à tração do material, para as situações sem imersão e após 30 e 60 dias de imersão dos CP em petróleo, são mostrados na Figura 3.



**Figura 3. Análise comparativa da tensão máxima de ruptura à tração, para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão.**

Como pode ser observado na figura anterior, a resistência à tração para um período de 30 dias de imersão em petróleo caiu e, quando se observa essa resistência para o período de 60 dias, a mesma é elevada quando comparada às outras duas situações (sem imersão e após 30 dias de imersão).

A Figura 4, a seguir, apresenta os dados no que diz respeito ao módulo de elasticidade do material quando submetido ao ensaio de tração uniaxial.



**Figura 4. Análise comparativa do módulo de elasticidade à tração para as situações sem imersão e com diferentes tempos de imersão.**

A partir da análise da figura acima, observa-se que a rigidez do material variou significativamente quando comparados os estados dos corpos de prova ensaiados. Para aqueles imersos em petróleo por 30 e 60 dias, a rigidez aumentou cerca de 14,4% e 30,2%, respectivamente, em relação ao material seco, observando-se desta forma um aumento progressivo do módulo, contrariando dados obtidos em trabalhos anteriores (Felipe, 1997 b).

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### Conclusões

No que se refere aos dados obtidos no ensaio de flexão em três pontos, observou-se que a tensão máxima de flexão foi elevada quando comparados os estados seco e após 30 dias de imersão, passando de 178,8 MPa para 194,7 MPa, porém, quando comparada a tensão máxima de flexão do CP após imersão por 60 dias (186,4 MPa) com a do CP imerso por 30 dias, verificou-se uma redução dessa propriedade, porém continuando superior à do CP sem imersão. Quanto ao módulo de flexão, houve um aumento gradativo do estado seco para os outros estados (30 e 60 dias de imersão). Este comportamento, no que se refere aos valores para o ensaio de flexão, é justificado devido ao mecanismo de carregamento a que o corpo de prova é submetido.

Com respeito aos dados obtidos no ensaio de tração uniaxial, observou-se que a resistência à tração caiu para o estado de 30 dias de imersão quando comparado o estado seco, porém após 60 dias de imersão houve uma elevação desta resistência. Já quanto ao módulo de elasticidade, ocorreu um aumento gradativo ao longo dos períodos de imersão, ou seja, houve um aumento da rigidez do material.

## Sugestões

Sugere-se a realização de uma análise da interface fibra/matriz para se verificar o mecanismo de dano no compósito para todas as situações nas quais os corpos de provas foram ensaiados neste trabalho, obtendo-se, desta forma, uma maior clareza sobre o comportamento do material, já que se pôde verificar a olho nu a presença de petróleo em pontos internos do compósito.

Além disso, observa-se a necessidade de um maior tempo de imersão dos corpos de prova em petróleo, para a determinação das respectivas propriedades, objetivando um maior nível de confiança nos valores encontrados.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos o apoio do CNPq, pela bolsa PIBIT concedida à aluna; da Tecniplas Tubos e Conexões Ltda., pelo fornecimento da matéria prima para a fabricação do compósito; e da PETROBRAS/UN-RNCE, pelo fornecimento do petróleo.

## REFERÊNCIAS

1. American Society for Testing and Materials, ASTM D 790/03: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials - American Society for Testing and Materials, 1990.
2. American Society for Testing and Materials, ASTM D 3039/06 – Standard Test Methods for Tensile Properties of Fiber-Resin Composites - American Society for Testing and Materials, 1970.
3. American Society for Testing and Materials, ASTM D 792/00 – Standard Test Methods for Specific Gravity and Density of Plastics by Displacement - American Society for Testing and Materials, 1979.
4. Felipe, R. C. T. S.; Araújo, L. G.; Costa, A. F.; Dias, M. B. – Comparação entre as Propriedades Mecânicas de um Compósito Híbrido Formado por um Tecido Reciclado de PET /Fibra de Vidro-E/Poliéster com um Compósito Constituído por Poliéster/Fibra de Vidro-E. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, Paraíba, 2007.
5. Felipe, R. N. B. – Moldagem a Vácuo de Plástico Reforçado. Parâmetros de Controle e Propriedades dos Moldados em PRFV- Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do RN, Natal, p. 120, 1997a.
6. Felipe, R. C. T. S. –Comportamento Mecânico e Fratura de Moldados em PRFV- Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do RN, Natal, p. 115, 1997b.
7. Gay, D. – Matériaux Composites – Editions Hermès, Paris, 1991.
8. Mendonça, P. T. R. – Materiais Compostos & Estruturas-Sanduíches – Barueri, SP: Manoele, 2005.

9. Papanicolaou, G. C., Michalopoulou, M. V. and Anifantis, N. K. (2002) – Thermal Stresses in Fibrous Composite Incorporating Hybrid Interphase Regions, *Compos. Sci. Tech.*, 62(14): 1881–1894.
10. Silva, R. V.; Aquino, E. M.; Rodrigues, L. P. S.; Barros, A. R. F. – Desenvolvimento de um Compósito Laminado Híbrido com Fibras Natural e Sintética – 62nd International Annual Congress, Vitória, 2007.
11. Vaddadi, P., Nakamura, T. and Singh, R. P. (2003) – Inverse Analysis for Transient Moisture Diffusion through Fiber-reinforced Composites, *Acta Mater.*, 51(1): 177–193.
12. <http://www.abmaco.org.br>