

## **DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA NO AMBIENTE MATLAB PARA AVALIAÇÃO DO RISCO EM OLEODUTOS ON-SHORE**

**Luiz Henrique Santos Silva, luizhenrique.12@hotmail.com<sup>1</sup>**  
**Koje Daniel Vasconcelos Mishina, koje\_mishina@yahoo.com<sup>2</sup>**  
**Cláudia Teresa Teles Farias, cfarias@ifba.edu.br<sup>1</sup>**  
**Marcelo Cavalcanti Rodrigues, celo\_cr@hotmail.com<sup>2</sup>**  
**Igor Souza Ribeiro, igorsr@hotmail.com<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador-BA, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa-PB, Brasil.

***Resumo:** O presente trabalho se propôs a desenvolver uma interface gráfica no ambiente MatLab capaz de avaliar o risco em oleodutos terrestres. Este modelo baseia-se na metodologia da IBR (Inspeção Baseada em Risco) e na teoria da Lógica Fuzzy. O modelo proposto avalia cada variável que está associada na deterioração do duto, permitindo determinar o nível de risco no trecho em estudo e em função da criticidade do mesmo, definir o tipo de monitoramento e a periodicidade máxima de inspeção. A modulação do sistema foi feito através da Teoria da Lógica Fuzzy, já que o risco no transporte dutoviário pode ser descrito através de um conceito nebuloso, o que torna a Lógica Fuzzy uma ferramenta ideal, pois manipula a incerteza e representa aspectos qualitativos por meio de palavras ou sentenças em uma linguagem natural.*

***Palavras-chave:** Avaliação de risco; Oleodutos; Lógica Fuzzy; MatLab.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O sistema de abastecimento de petróleo e derivados interliga através de várias modalidades de transporte três pontos distintos: fontes de produção, refinarias e os grandes centros de consumo. Dentre estas modalidades, os dutos têm se destacado tanto pela sua segurança e eficiência no abastecimento das refinarias, como no suprimento dos centros de consumo. Mas, devido às severas condições operacionais, acidentes com graves conseqüências têm ocorrido com frequência.

Normalmente, os dutos operam em regiões habitadas ou locais que apresentam elevada sensibilidade ambiental, tais como manguezais, fontes de abastecimento de água potável, mananciais. Este fator aumenta consideravelmente a importância da segurança no contexto do transporte dutoviário.

Atualmente para que as empresas do ramo químico e petroquímico sobrevivam no mercado é necessário que haja um compromisso com a questão da preservação ambiental. Já que os órgãos fiscalizadores, bem como os Ministérios Públicos e Agência Nacional de Petróleo (ANP), estão cada vez mais rigorosos na aplicação de multas e programas visando adequação de conduta, a fim de manter esta atividade dentro de um padrão de segurança aceitável mundialmente.

As técnicas de gerenciamento de risco têm sido largamente utilizadas para avaliar a integridade estrutural e definir programas de monitoramento e periodicidade de inspeção em dutos, a fim de evitar danos catastróficos. O conceito de risco vem sendo bastante utilizado na área de equipamentos e está baseado no acoplamento das variáveis: probabilidade e conseqüência da falha, de acordo com a metodologia da Inspeção Baseada em Risco (IBR). Portanto, vem crescendo o número de pesquisas voltadas para o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de risco utilizando ferramentas computacionais como a lógica Fuzzy.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a confiabilidade no transporte dutoviário, a fim de minimizar e manter o risco em patamares aceitáveis de operação com custos relativamente reduzidos. Para tal, foi desenvolvido um sistema especialista com base em técnicas de gerenciamento de risco e de inteligência artificial (lógica Fuzzy), que é seguramente capaz de adotar medidas de análise, controle, inspeção e monitoramento.

## 2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 O mecanismo de corrosão associado ao transporte de hidrocarbonetos

A corrosão tem se destacado como um importante mecanismo de dano associado ao transporte de petróleo e seus derivados, em função das próprias condições operacionais e ambientais de trabalho. Os contaminantes existentes no petróleo como: CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), H<sub>2</sub>S (Ácido Sulfídrico) e o vapor d'água são causadores do processo corrosivo, sendo necessário adotar medidas preventivas e de controle visando minimizar sua ação destrutiva.

A experiência tem mostrado que o controle da corrosão é um desafio no transporte dutoviário, alguns autores (Bueno et al. 2007) relatam que a corrosão interna é o principal motivo de falhas e vazamentos em dutos. Estimativas recentes indicam que em torno de 50% das falhas verificadas em oleodutos ocorrem devido à corrosão interna, contra 15% devidas à corrosão externa, 10% devidas a vandalismo e 25% devidas a outras causas.

A avaliação da segurança e integridade estrutural dos oleodutos é realizada de acordo três aspectos (Minxu et al. 2003), que são eles: avaliação de segurança de desastres geológicos, avaliação de integridade de dutos que contém defeitos, avaliação da eficácia de proteção do revestimento.

Um programa de controle da corrosão deve apresentar uma metodologia eficiente para realizar uma análise integrada dos dados de inspeção e práticas de manutenção, a fim de manter níveis elevados de confiabilidade e continuidade operacional nas instalações. Neste caso, considerando os fatores específicos de deterioração é possível detectar os pontos ao longo do duto suscetíveis a cada mecanismos de falha tais como corrosão interna, corrosão externa, corrosão sob tensão, danos pelo hidrogênio, danos no revestimento e situações de instabilidade de solo (Bueno et al. 2007).

### 2.2 A teoria da lógica fuzzy

A lógica nebulosa é uma das tecnologias atuais mais bem sucedidas para o desenvolvimento de sistemas a fim de controlar processos sofisticados. Com sua utilização, requerimentos complexos podem ser implementados em controladores simples, de fácil manutenção e baixo custo. Uma característica especial da lógica fuzzy é a de representar de forma inovadora o manuseio de informações imprecisas, conseguindo traduzir expressões verbais, vagas e qualitativas, comuns na comunicação humana em valores numéricos (Mishina et al. 2008).

A maior dificuldade na criação de sistemas nebulosos em geral, e de controladores nebulosos em particular, encontra-se na definição dos termos lingüísticos e das regras que definem como as variáveis do sistema estão associadas entre si. Geralmente, especialistas de cada área determinam um conjunto de regras ou proposições fuzzy onde as variáveis antecedentes e conseqüentes são relacionadas através de valores expressos em termos lingüísticos para executar um processo de tomada de decisão (Lin et al. 1996).

O risco envolvido no transporte dutoviário pode ser tratado como um conceito nebuloso, pelo fato de envolver muitas variáveis subjetivas (Lin et al. 1996).

### 2.3. A Inspeção Baseada em Risco (IBR)

A Inspeção Baseada em Risco (IBR) tem como objetivo aperfeiçoar os esforços de inspeção, possibilitar a utilização dos resultados das inspeções para redução das incertezas associadas e identificar avarias devidas à deterioração estrutural antes que estas se tornem críticas para a operação da unidade. (Straub & Faber et al. 2002)

Para avaliar a integridade estrutural dos dutos, existem diversas técnicas de inspeção como: ultrassom, pig instrumentado, radiografia, emissão acústica e muitas outras. A escolha da técnica a ser adotada dependerá das características e condições físicas do duto, bem como dos objetivos que a mesma se propõe. Dentre as técnicas empregadas, o pig instrumentado é atualmente a ferramenta de inspeção de maior capacidade em detectar e dimensionar anomalias que possam comprometer a integridade de uma linha dutoviária. Quanto ao tempo de inspeção com pig, não se tem uma norma que regulamente está periodicidade. No entanto, a Petrobras recomenda uma periodicidade mínima de cinco e no máximo de dez anos, entre uma inspeção e outra (Mishina et al. 2001).

A partir do resultado da avaliação de Risco é possível otimizar a periodicidade de inspeção com pig, levando-se em consideração a probabilidade e as conseqüências associadas à falha por corrosão, e desta forma, garantir o melhor uso dos recursos gastos com inspeção e manutenção.

O conceito de risco vem sendo bastante utilizado na área de equipamentos e está baseado no acoplamento das variáveis: probabilidade e conseqüência da falha. Segundo o API STD 1160 (*Managing System Integrity For Hazardous Liquid / API-2001*), o risco para um duto é dado em função da probabilidade de um evento ou de uma condição levar à ocorrência de um vazamento.

A IBR pode ser aplicada em qualquer estágio da vida de um duto (Jones et al. 2000), e visa obter os seguintes objetivos:

- Promover capacitação para definir e medir o risco, criando uma ferramenta para gerenciar os equipamentos mais importantes de uma planta ou de um sistema de dutos;

- Permitir a alta gerência avaliar o risco relativo à segurança, ao meio ambiente e à interrupção do negócio, de uma maneira integrada e eficaz em termos de custos;
- Reduzir sistematicamente a probabilidade de falha fazendo um melhor uso dos recursos de inspeção;
- Identificar áreas de altas conseqüências que possam ser modificadas para reduzir o risco.

Através da metodologia da IBR, o risco de um determinado equipamento pode ser expresso conforme a Eq. (1)

$$R = P \times C \quad (1)$$

Onde “R” é o risco, “P” é a medida da probabilidade de ocorrência de falha e “C” representa as conseqüências associadas a falha.

### 3.0 METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia empregada no desenvolvimento do sistema que avalia a integridade estrutural nos dutos foi aplicada em três etapas: o uso das técnicas da IBR em dutos corroídos, cálculo do índice de corrosão utilizando a lógica fuzzy e a interface gráfica do sistema.

#### 3.1 Aplicação da metodologia da IBR em dutos corroídos

Na implementação do sistema de avaliação do risco em dutos on-shore (terrestres) proveniente do dano por corrosão, utilizou-se ferramentas computacionais como o Simulink e o Toolbox de Lógica Fuzzy do Matlab 6.5. O processo corrosivo poderá ocorrer em um duto “on-shore” através de três formas que são elas: Corrosão Atmosférica (CA), Corrosão Duto Enterrado (CDE) e Corrosão Interna (CI). Portanto o sistema proposto tem um agrupamento de 12 variáveis de entrada e a associação de 11 SLF (Sistemas de Lógica Fuzzy).

Para obter o índice de Corrosão do Duto Enterrado, consideram-se cinco variáveis de entrada, sendo três delas de prevenção (Eficiência do Revestimento, Eficiência da Proteção Catódica e Técnicas de Inspeção) e duas de atributos (Idade do duto e Corrosividade do solo). E uma variável de saída, representada pelo índice de corrosão do duto enterrado, caracterizando-se como um sistema MISO (Multiple Input e Single Output). (Mishina et al. 2008)

Adotou-se o mesmo procedimento para determinar as outras duas formas de corrosão: interna e atmosférica. No primeiro caso consideram-se quatro variáveis de entrada, sendo duas delas de prevenção (Eficiência dos Inibidores e Técnicas de Inspeção) e duas de atributos (Agressividade do fluido e Condições Operacionais) associadas entre si resultando em uma variável de saída, representada como Corrosão Interna. No segundo caso consideram-se três variáveis de entrada, sendo duas delas de prevenção (Eficiência do Revestimento e Técnicas de Inspeção) e uma de atributo (Corrosividade Atmosférica) resultando em uma variável de saída, representada como Corrosão Atmosférica.

Por fim, ainda têm-se as variáveis de entrada associadas à classe das conseqüências como: Meio Ambiente, Condições Operacionais e Pessoas (estão associados ao danos físicos ou materiais causados pelas falhas) .

#### 3.2 Matriz de Risco, Classe das Probabilidades e Conseqüências

Conforme a Eq. (1), gerou-se uma matriz de risco levando-se em consideração a probabilidade de falha proveniente do dano por corrosão e suas respectivas conseqüências, estando baseada na Matriz de Risco Padrão do documento APIRP 5812000

Tabela 1. Matriz de Risco para avaliação de dutos corroídos.

Matriz de Risco		Conseqüências				
		1	2	3	4	5
Probabilidade	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5

As diferentes cores caracterizam níveis de criticidade e comprometimento da malha dutoviária analisada. A classe de probabilidade de falhas é dada pela soma entre o índice de corrosão e a tensão ( $\sigma$ ), proveniente da pressão de operação, conforme a Tab. (2).

**Tabela 2. Categoria da Classe de Probabilidade.**

<b>Critério</b>	<b>Interpretação</b>	<b>Classes</b>
Índice de Corrosão	Índice de Corrosão Muito Elevado / Corrosão acima de 50% da espessura da parede do duto, com máximo em 70%.	5
Tensão	Nível de Tensão Muito Alto / Pressão de Operação acima de 80% da Pressão Admissível, com máximo em 100%.	
Índice de Corrosão	Índice de Corrosão Elevado / Corrosão entre 30 a 70% da espessura da espessura da parede do duto, com máximo em 50%.	4
Tensão	Nível de Tensão Alto / Pressão de Operação entre 50 a 90% da Pressão Admissível, com máximo em 70%.	
Índice de Corrosão	Índice de Corrosão Médio / Corrosão entre 10 a 50% da espessura da espessura da parede do duto, com máximo em 30%.	3
Tensão	Nível de Tensão Médio / Pressão de Operação entre 30 a 70% da Pressão Admissível, com máximo em 50%.	
Índice de Corrosão	Índice de Corrosão Baixo / Corrosão entre 0 a 20% da espessura da espessura da parede do duto, com máximo em 10%.	2
Tensão	Nível de Tensão Baixo / Pressão de Operação entre 10 a 50% da Pressão Admissível, com máximo em 30%.	
Índice de Corrosão	Índice de Corrosão Muito Baixo / Corrosão abaixo de 10% da espessura da espessura da parede do duto, com máximo em 0%.	1
Tensão	Nível de Tensão Muito Baixo / Pressão de Operação abaixo de 20% da Pressão Admissível, com máximo em 0%.	

A classe de conseqüências é estabelecida de acordo com as regras que definem os impactos das falhas com relação à segurança (perdas de vidas humanas), meio ambiente (contaminação ambiental) e à operacionalidade do sistema (perdas de produção), de acordo com o indicado na Tab. (3).

**Tabela 3. Categoria da Classe de Conseqüências.**

<b>Critério</b>	<b>Interpretação</b>	<b>Classes</b>
Segurança	Perigo catastrófico para o pessoal /risco de muitas fatalidades.	5
Meio-Ambiente	Contaminação Ambiental catastrófica / dano permanente.	
Operação	Perda catastrófica de operacionalidade / perda de uma semana.	
Segurança	Perigo crítico para o pessoal / risco de uma fatalidade.	4
Meio-Ambiente	Contaminação Ambiental crítica / dano extensivo, mas não permanente.	
Operação	Perda crítica de operacionalidade / perda de um dia.	
Segurança	Perigo moderado para o pessoal / risco de vários feridos (casos de invalidez).	3
Meio-Ambiente	Contaminação Ambiental moderada / dano pequeno.	
Operação	Perda moderada de operacionalidade / perda de 12 horas.	
Segurança	Perigo marginal para o pessoal / risco de um ferido.	2
Meio-Ambiente	Contaminação Ambiental marginal / dano leve.	
Operação	Perda marginal de operacionalidade / perda de 6 horas.	
Segurança	Perigo desprezível para o pessoal / risco de ferimentos leves.	1
Meio-Ambiente	Contaminação Ambiental desprezível / sem impacto.	
Operação	Perda desprezível de operacionalidade / perda de 2 horas.	

### 3.3 Cálculo do Índice de Corrosão e a Lógica Fuzzy

O risco em sistema de transporte dutoviário pode ser considerado como um conceito nebuloso, já que estão envolvidas muitas variáveis subjetivas. Como a lógica Fuzzy consegue lidar de maneira eficaz com o manuseio de informações imprecisas, essa ferramenta computacional foi escolhida para simular as condições operacionais associado ao desgaste dos oleodutos pelo efeito da corrosão.

Para o cálculo do Índice de Corrosão foi seguido uma seqüência de etapas executadas para o desenvolvimento do Sistema de Lógica Fuzzy. Na seqüência, a Fig. (1), mostra o fluxograma com as referidas etapas.

**Etapa 1** – Definir quais as principais Variáveis Lingüísticas de entrada (Prevenção e Atributos) para cada tipo de corrosão e a Variável Lingüística de saída (Índice de Corrosão) para dutos Offshore.

**Etapa 2** – Definir os Conjuntos Fuzzy para cada uma das Variáveis Lingüísticas de entrada e saída definidas na Etapa 1.

**Etapa 3** – Definir o(s) tipo(s) de Funções de Pertinência que permitam uma boa representação do problema em estudo.

**Etapa 4** – Gerar uma base de regras, levando-se em consideração o julgamento e experiência de especialistas na área.

**Etapa 5** – Correlacionar os tipos de Agregação (Máximo/Soma) e os tipos de Defuzificação (Cen, Bis, Mom, Lom e Som) e comparar os resultados obtidos com os valores teóricos, visando obter a melhor configuração para avaliação do risco.

**Etapa 6** – Determinada às características do SLF, calcular o Índice de Corrosão para cada um dos possíveis tipos de corrosão em dutos offshore.

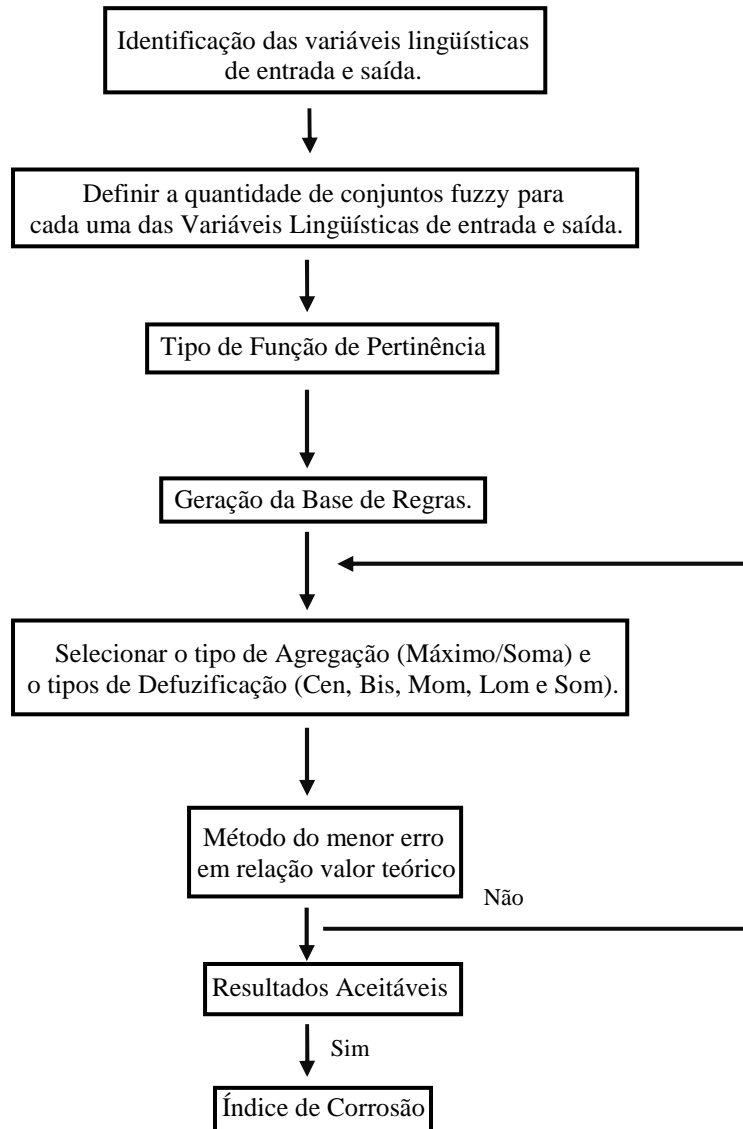


Figura 1. Fluxograma com as etapas executadas para o desenvolvimento do Sistema de Lógica Fuzzy.

A definição da base de Regras é uma das principais etapas no desenvolvimento do SLF. A eficiência e coerência dos resultados obtidos pelo SLF estão diretamente relacionadas com a escolha correta destas regras em relação ao problema em estudo. Normalmente as regras são definidas com base no conhecimento do especialista na área.

### 3.4 A interface gráfica

O projeto foi implementado primeiramente através dos conceitos de Interface Gráfica com o Usuário (GUI) e Handle Graphics, recursos estes presentes no Matlab e que auxiliaram na construção da interface do sistema, facilitando a comunicação do usuário. Este estudo está baseado no conceito de que todo comando gráfico é considerado um objeto. Isso inclui objetos uimenu, uicontrol, uicontextmenu, figure, axis que são as estruturas básicas da GUI.

## 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Modelagem e Implementação do Sistema Proposto

Na Figura 2 mostra o sistema completo. Na modelagem do sistema proposto foi considerado que o processo corrosivo ocorre em um duto “on-shore”, através de três formas de corrosão: Corrosão Atmosférica (CA), Corrosão de um Duto Enterrado (CDE) e Corrosão Interna (CI) que estão sinalizadas na Fig. (4) pela cor vermelha, azul e verde, respectivamente desta forma é feita a determinação do índice de corrosão (IC).

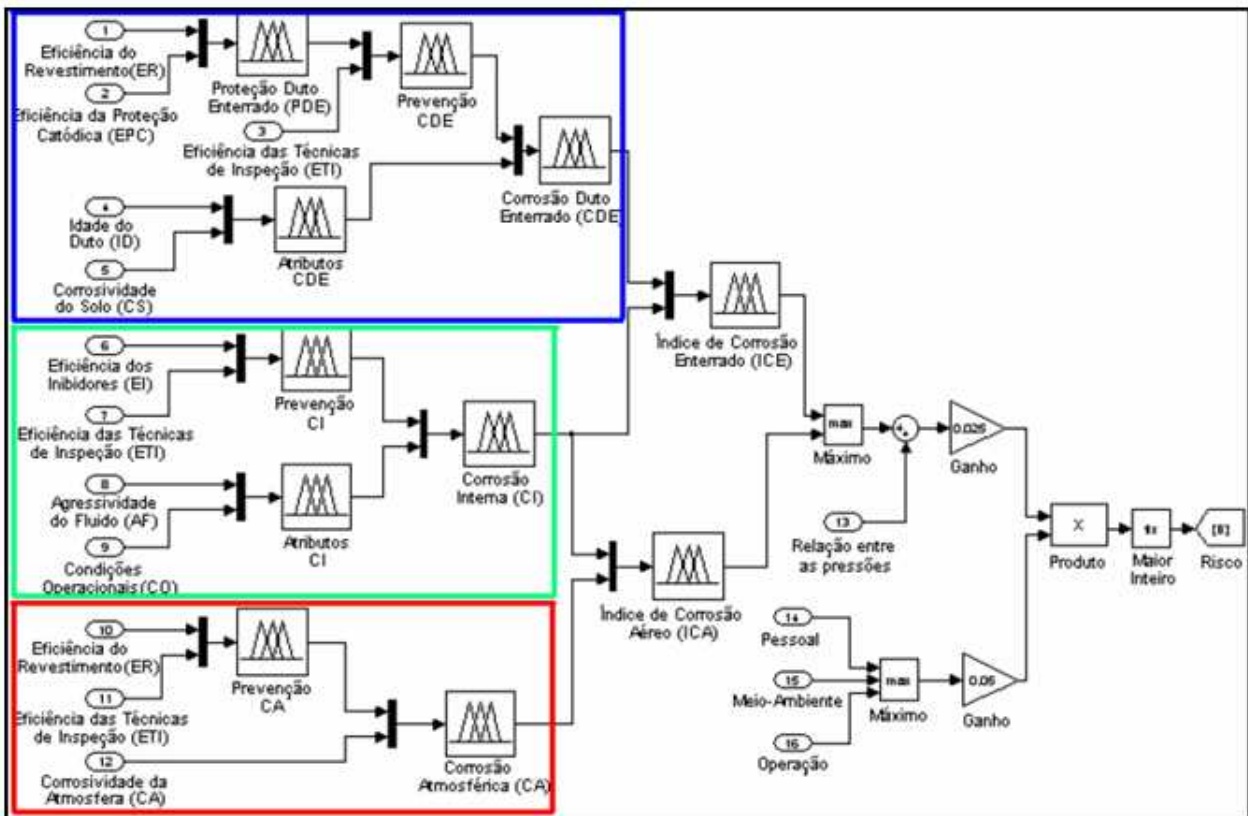


Figura 2. Modelo proposto para avaliação de dutos on-shore.

Pode-se visualizar através da Figura 2 que o sistema é formado por um agrupamento de 12 variáveis de entrada e a associação de 11 SLF (Sistemas de Lógica Fuzzy) de acordo com a seção 3.1. Após a determinação das variáveis: Corrosão Interna, Corrosão Duto Enterrado e Corrosão Atmosférica, as suas respectivas associações produzem uma saída dada pelo somatório entre o índice máximo de corrosão (valor máximo encontrado entre o Índice de Corrosão do Duto Enterrado e Índice de Corrosão do Duto Aéreo) que combina-se com a relação entre as Pressões ( $\beta$ ), determinando a Classe de Probabilidade que pode ser visto na Fig. (3). (Mishina et. al., 2001)

A relação entre as pressões é quantificada através da divisão entre a Pressão de Operação e a Pressão de Projeto. Ao considerar o índice máximo de corrosão, a metodologia avalia a região mais crítica do trecho em estudo. O resultado do somatório entre Máximo Índice de Corrosão (MIC) e a Relação entre as Pressões, passa por um ganho, cujo objetivo é normalizar os valores de saída entre 0 a 5, conforme a Classe de Probabilidade Fig. (3).

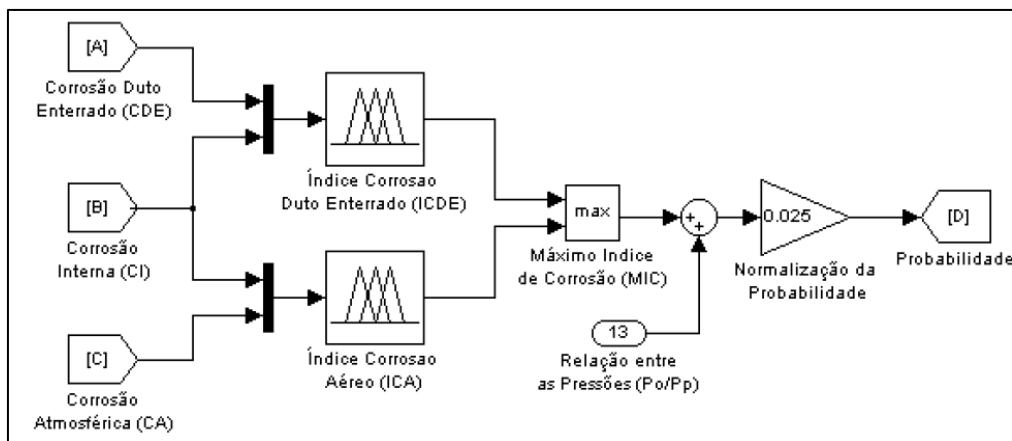


Figura 3. Diagrama para determinação da Classe de Probabilidade.

A classe das conseqüências é determinada através do modelo da Fig. (2), que considera o máximo valor entre os riscos de dano: Meio-Ambiente, Pessoas e Operação. Este valor passa por um ganho cujo objetivo é normalizar a saída entre 0 a 5. Por fim, o risco é quantificado com base no princípio da metodologia da IBR, ou seja, considera o produto entre a Probabilidade e as Conseqüências associadas à falha para determinação do nível de risco envolvido no trecho em estudo. (Mishina et al. 2001)

A partir do resultado da avaliação de Risco foi possível otimizar a periodicidade de inspeção com Pig, levando-se em consideração a probabilidade e as conseqüências associadas à falha por corrosão e, desta forma, garantir o melhor uso dos recursos gastos com inspeção e manutenção. A Tab. (4) foi desenvolvida para estabelecer o tipo de monitoramento que deve ser adotado e a periodicidade de inspeção com Pig Instrumentado, em função do nível de criticidade encontrado no trecho em estudo, de acordo com a matriz de risco Tab. (5).

Tabela 4. Associação do grau de criticidade com o tipo monitoramento e a periodicidade de inspeção.

Avaliação do Risco		Tipo de Monitoramento e a periodicidade de Inspeção com Pig Instrumentado
20 – 25	Muito-Alto (MA)	Preditivo / 2 anos
13 – 19	Alto (A)	Preventivo / 3 anos
09 – 12	Médio (M)	Detectivo / 4 anos
04 – 08	Baixo (B)	Básico / 6 anos
00 - 03	Muito-Baixo (MB)	Nenhuma ação a tomar / 8 anos

Tabela 5. Definição dos tipos de monitoramento.

Tipo de Monitoramento	Descrição
Preditivo	Estimar o período no qual a probabilidade de ocorrência de falha possa ser considerada baixa ou negligenciável. Determinar a Vida Residual do Duto.
Preventivo	Prever a possível ocorrência de falha na linha dutoviária, através da identificação de possíveis indicativos que venham a promover o início da falha. Acompanhar a evolução das falhas existentes no tempo. Determinar a Vida Residual do Duto.
Detectivo	Verificar a contínua ausência de falha. Detectar o estágio latente da falha antes da ocorrência da falha total na linha.
Básico	Identificar anormalidades no arranjo e na configuração das linhas. Verificar de forma contínua a falta de evidência de defeitos observáveis.
Nenhuma ação a tomar	Não há necessidade de utilizar métodos mais sofisticados de inspeção. E acompanhar a ausência de falhas.

A definição das variáveis lingüística de entrada e saída é uma das principais etapas no desenvolvimento do SLF. A eficiência e coerência dos resultados obtidos pelo SLF estão diretamente relacionadas com a escolha correta destas variáveis em relação ao problema em estudo. Normalmente estas variáveis lingüísticas são definidas por especialistas na área.

## 4.2 O Projeto da Interface Gráfica

O projeto da Interface Gráfica foi desenvolvido a fim de facilitar a comunicação com o usuário. Pode-se visualizar o resultado na Fig. (4), onde temos a tela principal da interface que possibilita ao usuário poder escolher a modalidade de malha dutoviária (oleodutos terrestres, aéreos e etc.) que se deseja analisar.



Figura 4- A Interface do Programa de Avaliação de Risco em Oleodutos On Shore

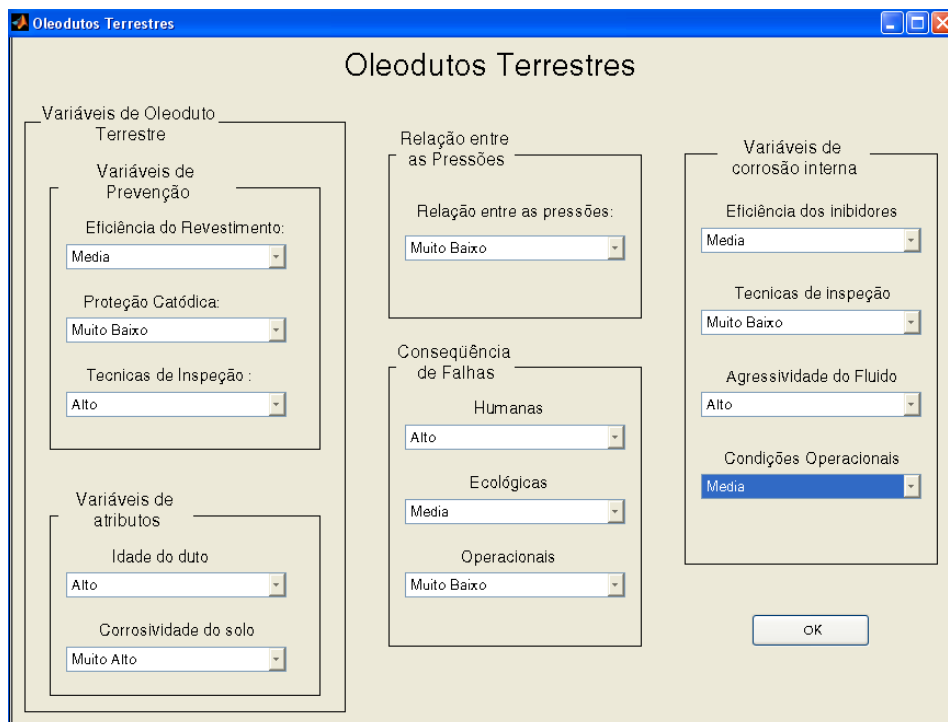


Figura 5- A Interface do Programa de Avaliação de Risco modalidade Oleodutos Terrestres.

Logo após a escolha da modalidade de oleoduto a ser avaliada, surgir uma nova tela que faz uma correlação entre as variáveis de atributos e prevenção do sistema dutoviário, a qual se permiti ao usuário possa alimentar o sistema com os



valores de entrada Fig. (5) para um posterior processamento das informações. Como o sistema foi modulado através da lógica Fuzzy a inserção dos valores é feita através de palavras e sentenças em uma linguagem natural Fig. (5).

Após essa etapa, o sistema receberá os vetores de entrada para começar o processamento dos dados e devolver ao usuário uma avaliação completa a respeito do nível de criticidade, periodicidade da inspeção e como deve ser feito o monitoramento do trecho analisado de acordo com as Tab. (1), (4) e (5).

## 5.0 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, foi possível extrair algumas conclusões:

Foi de fundamental importância para o desenvolvimento do projeto, conhecer os principais mecanismos de dano da corrosão, a metodologia da IBR e a teoria da lógica Fuzzy, pois através dessas informações recolhidas foi possível realizar a escolha das variáveis que compõem o sistema e a base de regras que viabilizaram construção e modulação do mesmo, que são componentes fundamentais para o sucesso do projeto.

O sistema proposto consegue satisfazer os objetivos para o qual foi criado, que é avaliar seguramente o risco em oleodutos on-shore, adotando medidas de controle, análise, inspeção e monitoramento de oleodutos.

O projeto avalia a deterioração do duto permitindo determinar o nível de risco no trecho em estudo em função da criticidade do mesmo, calculando a vida residual do duto e definindo a periodicidade máxima de inspeção.

## 6.0 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fapesb pelo apoio financeiro; ao GPEND (Grupo de Pesquisas em Ensaios Não-Destrutivos), pelo auxílio técnico; e o IFBahia pelo apoio institucional.

## 7.0 REFERÊNCIAS

- Bueno, A. H. S., 2007, “Avaliação Integrada de Mecanismos de Falhas por Corrosão em Dutos”, tese de doutorado, Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Donato, G. V. P., 2001, “Comentários sobre a Efetividade da Inspeção, segundo Conceitos do API-581 (RBI) – Risk Based Inspection”, Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos – 5ª COTEQ, Petrobras/Cenpes, 9 p., São Paulo, Brasil.
- Driankov, D., HELLERDORN, H. F., RHEINFRANK, M., 1993, “An Introduction to Fuzzy Control”, Springer-Verlag. Eckstein, C. B., Tinoco, E. B., Santos, I. S., Etter, J. A. N., 2001, “Inspeção Baseada em Risco segundo API-581 aplicada em tubulações de refinarias” Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos – 5ª COTEQ, Petrobras/Cenpes, 7 p., São Paulo, Brasil.
- Filho, M. P., 2003, “Aplicação de IBR, Inspeção Baseada em Risco a Oleodutos segundo o API 581 BRD Verificação de Consistência com as Práticas Usuais da Indústria para Avaliação de Risco”, Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, 138p.
- Guerra, R., Sandri, S. A., M. L. O. S., 1997, “Dynamics and Design of Autonomous Attitude Control of a Satellite Using Fuzzy Logic”, Anais do COBEM 97, (COB 1338).
- Husband, P., 1992, “Genetic Algorithms in Optimization and Adaptation”, Advances in Parallel Algorithms, pp. 227-277.
- Jones, D. G., 2000, “Pipeline Life Management”, British Gas plc, Pipeline Integrity Internacional, On Line Inspection Centre, Cramlington, Northumberland NE23 9WW, United Kingdom, 12pp.
- Lin, C. T., Lee, C. S. G., 1996, “Neural Fuzzy Systems: A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems”, Upper Saddle River, N. J., Prentice Hall PTR, 797 p., ISBN 0132351692.
- Mishina, K. D. V., Silva, J. F., Silva, J. B. A., Silva, L. H. S., 2008, “Desenvolvimento de um Sistema Especialista para avaliação de Risco em Oleodutos On-Shore”, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM 2008.
- Mishina, K. D. V., Silva, J. F., Silva, J. B. A., 2002, “Abordagem sobre Inspeção baseada em Risco segundo API-581”, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM 2002.
- Pimenta, G. S., 2001, “Uma Abordagem Geral”, ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão.
- Straub, D., Faber, M. H., 2004, “System Effects in Generic Risk Based Inspection Planning”, Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, August 2004, Volume 126, Issue 3, pp.265-271 also published in Proc. 21st Offshore Mechanics and Arctic Engineering Conference, OMAE 2002, Oslo, Norway, 23-28 June 2002, paper S&R-28426, 2002.

## 8.0 DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **DEVELOPMENT OF INTERFACE GRAPHIC IN MATLAB FOR RISK ASSESSMENT IN PIPELINE ON-SHORE**

**Luiz Henrique Santos Silva, luizhenrique.12@hotmail.com<sup>1</sup>**  
**Koje Daniel Vasconcelos Mishina, koje\_mishina@yahoo.com<sup>2</sup>**  
**Cláudia Teresa Teles Farias, cfarias@ifba.edu.br<sup>1</sup>**  
**Marcelo Cavalcanti Rodrigues, celo\_cr@hotmail.com<sup>2</sup>**  
**Igor Souza Ribeiro, igorsr@hotmail.com<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador-BA, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa-PB, Brasil.

**Abstract** *In this paper proposes the development of an interface graphic in MatLab capable of assessing the risk in on-shore pipelines. This model is based on the methodology of RBI (Risk Based Inpetions) and the theory of Fuzzy Logic. The proposed model evaluates each variable that is associated with the deterioration of the product, to determine the level of risk in the stretch under study and depending on the criticality of the same, define the type of monitoring and maximum period of inspection. The modulation system was made by the theory of fuzzy logic, since the risk in the pipeline can be described by a nebulous concept, which makes fuzzy logic an ideal tool because it handles uncertainty and represents qualitative aspects through words or sentences in a natural language.*

**Keywords:** *Risk assessment ;Pipeline, Fuzzy logic, Matlab*