



## INDICADORES EM ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE PARA A CADEIA PRODUTIVA DE GÁS NATURAL

**Pedro Duarte Filho**<sup>1</sup>

**José Marta Filho**<sup>2</sup>

### **Resumo**

O setor energético de gás natural vem crescendo rapidamente e tornando-se cada vez mais complexo e interdependente em suas relações. Sob a ótica de um sistema, o ciclo produtivo deve ser visto como nós que se relacionam, interagem e integram-se diante de um ambiente dinâmico e de comportamento complexo. A escolha de relevâncias sob efeito de influências externas dentro do contexto das operações de ciclo produtivo, vistas de forma abrangente, deve considerar como incertos os riscos parciais ou totais, falhas, impactos e vulnerabilidades, de maneira a atribuir indicadores de confiabilidade, “manutenabilidade” e disponibilidade para o desenvolvimento de modelos mais precisos que suportem a tomada de decisão em operações que se relacionam dentro desse seguimento.

Analisando-se a engenharia da confiabilidade no contexto da cadeia produtiva do gás natural, conceitos e indicadores dos sistemas de gestão da confiabilidade precisam ser identificados nestes processos genéricos, para o planejamento, a alocação de recursos, controle de riscos e adaptação das necessidades de expansão, necessárias para cumprir os objetivos de confiabilidade. Ao lidar com estas questões na engenharia de confiabilidade, desempenho na vida do produto, fases do ciclo de vida, de planejamento, operações conjuntas, a dependabilidade da confiabilidade de outros produtos integradas ao nó físico da cadeia produtiva de gás, a concepção de novos projetos de expansão, medições, análises e melhoria, confiabilidade então, inclui o desempenho da disponibilidade e os fatores que influenciam na manutenção do seu desempenho em modo de operação. Portanto, a engenharia de confiabilidade aplicada na cadeia produtiva do gás natural visa facilitar a cooperação de todas

---

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Paulista.

<sup>2</sup> Doutor em Energia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

as partes envolvidas nos nós como um todo, tais como fornecedores, organizações e clientes, promovendo a compreensão das necessidades e indicadores para estabelecer os padrões da confiabilidade total do sistema.

**Palavras-chave:** Confiabilidade. Dependabilidade. Cadeia Produtiva. Gás Natural. Riscos.

## Objetivo

Especificamente no setor de gás, tanto para o setor industrial, residencial e veicular, diferentes medidas de dados podem ser analisadas por meio de arranjos estruturais destes sistemas complexos como suporte à tomada de decisão nas operações. Considerando a cadeia produtiva do gás natural em região emergente como um sistema integrado por diferentes arranjos, o estudo objetiva apresentar um modelo para identificar os indicadores da engenharia de confiabilidade para simular o comportamento dos arranjos sistêmicos mais adequados desse setor.

## Introdução

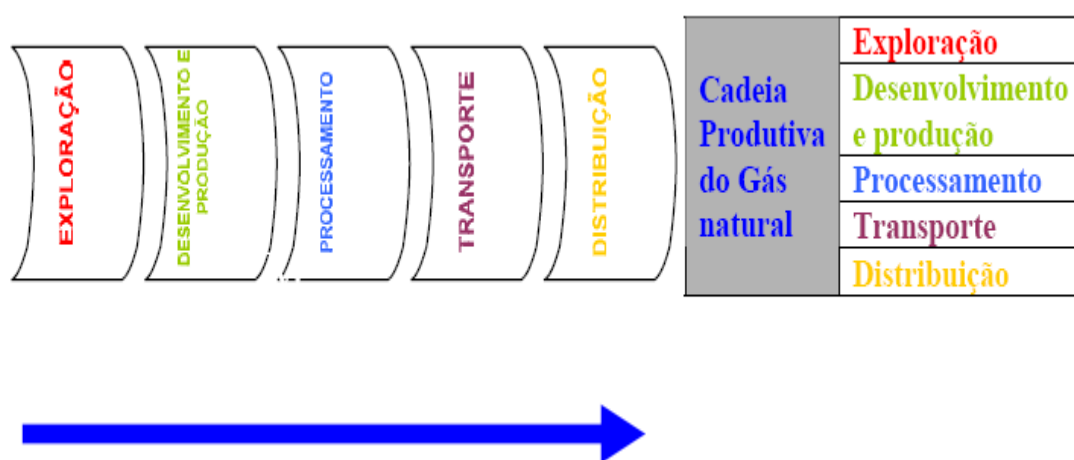
Confiabilidade é um fator de decisão importante no atual ambiente de negócios globais. Confiabilidade afeta os custos dos produtos e processos. É uma propriedade inerente à concepção do produto que influencia o desempenho do produto aplicado em um processo. Indicadores de produto confiável são alcançados por meio da implementação de disciplinas de confiança no conceito inicial e nas fases de concepção do ciclo de vida do produto para fornecer o custo de operações de produto de maneira eficaz.

Mas um custo relativo à confiança. Como outras técnicas aplicadas na engenharia, confiabilidade é uma disciplina que precisa ser gerenciada a fim de entregar produtos de alto valor para os clientes.

No sentido mais amplo, a confiabilidade reflete a confiança do usuário na aptidão para usar determinado produto e atingir ou alcançar a satisfação na capacidade de desempenho daquele produto, proporcionando a disponibilidade do produto ou serviço objeto de contrato, e minimizando os riscos associados quando o produto entra em modo de operação. [01]

Confiabilidade também pode ser explicitada no sentido de um termo coletivo que descreve o desempenho relativo à disponibilidade de qualquer produto ou serviço de contexto mais complexo, como um sistema. Os fatores que influenciam o desempenho da disponibilidade de um sistema são a confiabilidade e as características de “manutenabilidade”, suporte, riscos e vulnerabilidade no sentido de dependabilidade. Qual a confiabilidade residente em um sistema que compreende a cadeia produtiva de um produto ou serviço? [02]

Representando a Cadeia Produtiva de Gás Natural como um sistema complexo que está dimensionado em cinco fases: exploração, desenvolvimento e produção, processamento, transporte e distribuição (Figura 1). A exploração é o primeiro elo da indústria de gás natural e também do petróleo, dividida em pesquisa e perfuração. Sendo na pesquisa, a etapa em que são levantados diversos fatores para indicar a formação de grandes acumulações de hidrocarbonetos nos futuros poços a serem perfurados.



**Figura 1** - Cadeia Produtiva do Gás natural

A segunda fase trata do desenvolvimento e produção após confirmada a existência de petróleo e gás natural. Nas unidades de produção, parte do gás é utilizada como gás *lift*, ou seja, gás que eleva a produção do óleo ali existente, facilitando a sua extração do poço. Parte desse gás é reinjetada com duas finalidades: recuperação secundária, estendendo a produção em poços maduros ou armazenamento em poços de gás não associado. O restante do gás pode

ser consumido internamente na geração de eletricidade e vapor, necessários aos maquinários em operação na produção e escoamento para Unidades de Processamento de Gás Natural ou diretamente consumidas.

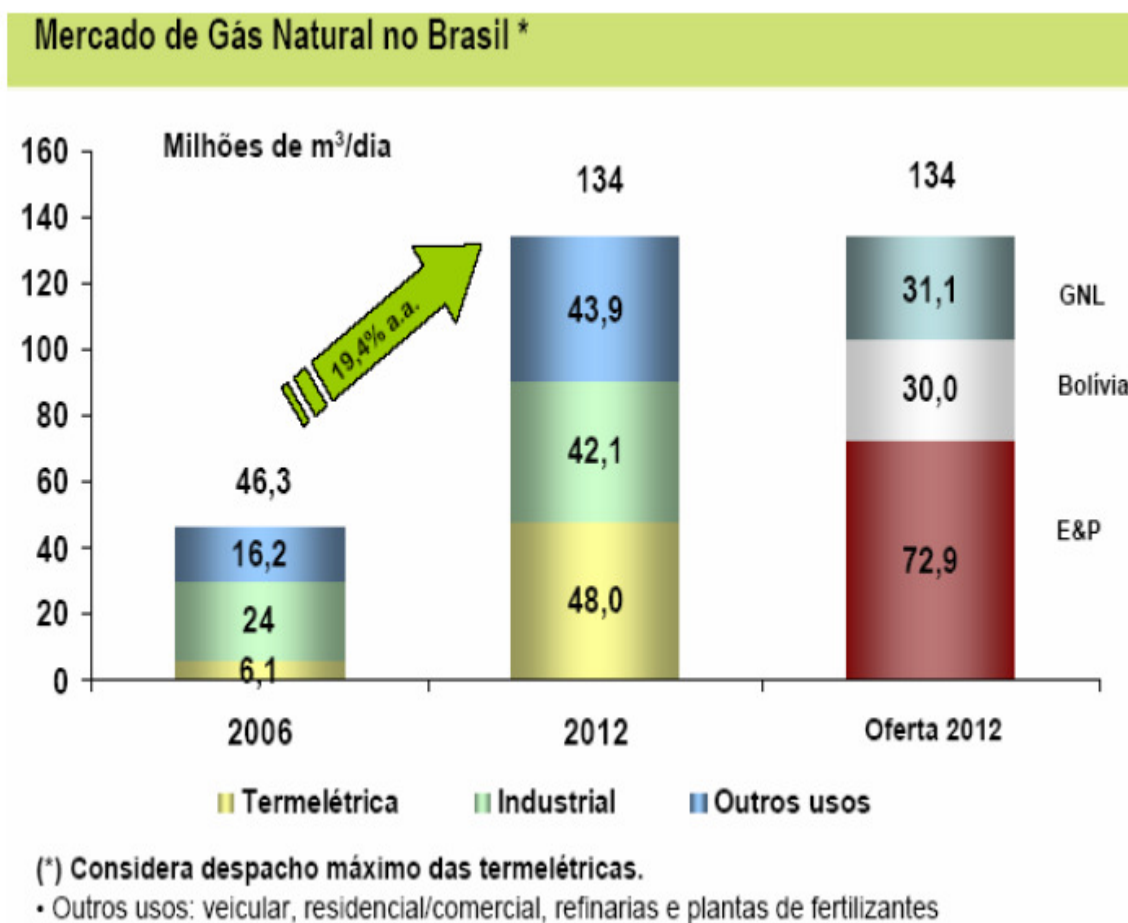
No processamento do gás natural é transportado através de gasodutos até as Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN), aqui ocorre a separação das frações mais leves do gás natural e obtêm-se o gás natural seco (metano e etano), o Gás Liquefeito de Petróleo – GLP (propano e butano) e a gasolina natural (pentano e superiores).

Na fase de transporte, das UPGN's, o gás seco pode ser transportado até os pontos de entrega para as companhias distribuidoras ou, eventualmente, diretamente a um grande consumidor. O gás natural pode ser transportado por meio de dutos, em cilindros de alta pressão (como GNC – gás natural comprimido) e; no estado líquido (como GNL – gás natural liquefeito), utilizando como meio navios, barcaças e caminhões criogênicos.

Por fim, na etapa de distribuição, a partir do transporte do gás natural, seja por quaisquer meios existentes, este energético pode ser comprado pelas concessionárias de distribuição estaduais e então vendido para os consumidores finais através dos ramais de distribuição. O gás natural pode ser utilizado de diversas formas. Desde a produção de calor e frio para o consumo industrial e residencial até a geração de eletricidade e a utilização como matéria-prima pela indústria de transformação. [03]

Nenhuma cadeia produtiva, seja de qualquer tipo, em suas operações produtivas ou parte delas, existe de forma isolada ou autônoma. Toda e qualquer operação produtiva é parte de uma rede maior de operações interconectadas, como se fossem nós ligados uns aos outros, incluindo-se aí fornecedores, clientes, fornecedores terceiros e clientes terceiros. Estas operações produtivas, então, podem organizar-se de diversas maneiras que vão desde a cadeia produtiva, as redes interorganizacionais e arranjos ou sistemas produtivos locais. [04]

Desta forma, considerando o plano estratégico da Petrobras de 2020, representado na Figura 2, referindo-se à expansão do Mercado de Gás no Brasil, remete em conjunto à ideia de expansão na capilaridade dessa cadeia produtiva. Observando que o conjunto de indicadores de confiabilidade isolados é a correspondência para garantir grau de confiança desse sistema, qual a confiabilidade quando essa cadeia adquire maior capilaridade em função dos objetivos de expansão e sua interconexão considerando os arranjos como nós?



**Figura 2** - Plano estratégico da Petrobras de 2020 – Fonte descrita em [05]

A adoção de indicadores referentes à engenharia de confiabilidade para sistemas complexos como esses, é de extrema importância, visando garantir as condições de operação seguras e a redução de

custos. Deste modo, os métodos adotados para compor o cruzamento analítico dos dados são suportados por alguns pilares utilizados em sistemas de gestão de manutenibilidade.

## Métodos

Muitas são as técnicas adotadas para a questão da confiabilidade, porém, quando os dados não estão disponíveis, é possível utilizar modelos para simulação. A questão da utilização dos métodos disponíveis suscita de que algumas referências podem ser utilizadas

para serem conjugadas à NORMA IEC 60300, que destaca a gestão da dependabilidade de sistemas, aplicada no contexto da Cadeia Produtiva de Gás Natural, como são observados os índices de confiabilidade de componentes, válvulas e equipamentos em operação conjunta, considerando não o grau de confiança naquele ponto, mas associados com outros em partes do sistema ou nó, e ainda em grandes malhas de distribuição e trechos mais complexos de fornecimento. [06]

Na tabela 1 seguinte, são destacados os métodos adotados na simulação integrados à norma IEC 60300, de modo a constituir pilares para sustentar uma estratégia de mitigação de riscos e melhor desempenho da manutenibilidade, criando melhores índices de confiabilidade nas operações com este tipo de negócio.

MODELOS PREVISTOS EM SOFTWARES PARA A SIMULAÇÃO	
FTA	Fault Tree Analysis
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
IEC 60300	Dependability management

**Tabela 1** - Métodos de Confiabilidade

Para empregar estes métodos FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) e FTA (*Fault Tree Analysis*) com engenharia de confiabilidade, integrados à Norma IEC 60300, visando à simulação dos eventos e extração de indicadores de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade, podem ser tratados por meio de um conjunto de questões apropriadas às operações na cadeia produtiva de gás natural. [08]

Por meio de questionários e atribuindo um valor a resposta que corresponda a determinada situação, é possível criar um conceito de confiabilidade para nós complexos. O exemplo da Tabela 2, abaixo, destacam-se algumas perguntas pontuais aplicadas ao sistema e depois na visão de conjunto.

Perguntas destacadas nos questionários	Empresa A – parte da Cadeia Produtiva	Empresa B – outra parte da Cadeia Produtiva	Empresa C – outra parte da Cadeia Produtiva	Empresa D – outra parte da Cadeia Produtiva
<b>Método utilizado pela empresa? FMEA / FTA</b>				
1- A base de dados histórica de manutenibilidade é confiável?				
2 – O banco de dados atende aos sistemas, subsistemas e nível de componente?				
3 – Quantidade de eventos de MTBF ao longo de um ano.				
4 – Quantidade de eventos de MTTR ao longo de um ano.				
5 – Quantidade de falhas ao longo de um ano				
<b>Aplicação de métodos de simulação de confiabilidade em função dos resultados obtidos acima</b>				
Composição da Confiabilidade por empresa				
Composição da Confiabilidade por sistema ou trecho de sistema com determinado conjunto de empresas				
Análise da dependabilidade do conjunto – IEC 60300				

**Tabela 2** - Questionário de Confiabilidade

Para encontrar os índices adequados de confiabilidade, ferramentas de simulação serão utilizadas na análise quantitativa e qualitativa dos dados, promovendo até mesmo a adequação das melhores abordagens explicitadas nos questionários. A tônica do problema reside em responder se a confiabilidade de um componente ou subsistema de determinadas empresas que operam dentro de um ciclo produtivo pode ser atribuída na visão de conjunto para todo o sistema, tornando-o confiável também.

Desta maneira os resultados da simulação podem residir na obtenção de indicadores estáveis de confiabilidade sob o universo da norma de dependabilidade, e também gerar operações seguras e controle de riscos ambientais sob a visão de conjunto, uma vez que quaisquer ocorrências negativas dentro da cadeia, afetam a própria cadeia. Se em um processo

de crescimento orgânico das empresas em um ambiente economicamente favorável, de certa forma toda a cadeia cresce em conjunto, e desta mesma maneira toda ela fica comprometida se alguns de seus parceiros não tiverem políticas adequadas de confiabilidade nas suas operações.

## Resultados esperados

Os resultados esperados permitirão a geração de indicadores de confiabilidade mais precisos para reduzir os custos de garantia/diminuir as taxas de defeito/falhas dos sistemas e componentes da cadeia produtiva de gás. Também se almeja determinar tempos ótimos do sistema e para manutenções preventivas em equipamentos mecânicos, elétricos, eletrônicos, de instrumentação e automação no ciclo de abastecimento industrial e residencial.

Previsões podem ser alcançadas na substituição de peças de reposição de manutenção no sistema, melhorando a concepção de produtos integrados relativos ao gás natural.

A redução de tempo de teste de sistemas e componentes desse segmento também é um fator importante no sentido de visualizarem-se tendências de riscos e falhas, fornecendo informações para tomada de decisão, avaliando assim a qualidade de seus fornecedores, reduzindo os riscos, as falhas, as vulnerabilidades e os impactos do sistema produtivo de gás natural.

## Referências

[01] IEC 60300 – *International Standard* – Second Edition 2003-06.

[02] SILBERMAN, T. D. Metodologia para análise de risco: estudo em uma unidade de cogeração de energia de um shopping center de Macaé. **Boletim Técnico Organização & Estratégia**, v. 4, n. 1, p. 155, janeiro a abril de 2008.

[03] Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/gas/index.asp>>. Acesso em: 29 de agosto 2009, às 22h32.

[04] Sistema Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais – SEBRAE/MG – Petróleo Brasileiro S/A Petrobras – Maio de 2006.



[05] Disponível em:

<<http://www2.petrobras.com.br/ri/port/ApresentacoesEventos/ConfTelefonicas/pdf/PlanoEstrategico2008-2012.pdf>>.

[06] FONSECA, A. J. H. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, outubro de 2000.

[07] DUARTE, M. **Riscos industriais**: etapas para a investigação e a prevenção de acidentes. Rio de Janeiro: COPPE/Petrobras/FUNENSEG, 2002.

[08] SIMÕES, S. Gestão e normalização de confiabilidade na atividade petrolífera. **Congresso de Confiabilidade 2008**. 15/05/2008.

[09] NBR 5462 – **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1994, 37 p.