CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
21 - 25 AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

SIMULAÇÕES DE CONFIABILIDADE DE SISTEMA STANDBY COM CHAVEAMENTO PERFEITO, FERRAMENTA PARA GESTAO DA PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO

Jessivaldo Vicente do Nascimento, jessivaldo.vicente@braskem.com[1]
Wilton Batista da Silva, wiltonbatista@ipojuca.ifpe.edu.br[2]

[1]Braskem, Rod. Divaldo Suruagy, s/n, km 12 Via II, Pólo Cloroquímico, Marechal Deodoro – AL
[2]Instituto Federal de Pernambuco, Rodovia Pe 060, Bairro Jardim Califórnia, Ipojuca – PE

Resumo: *As ferramentas de Confiabilidade têm sido cada vez mais utilizadas nos sistemas e processos produtivos, auxiliando na tomada de decisão desde o projeto das instalações e durante toda a vida dos ativos, buscando otimizar capacidade produtiva versus nível adequado de segurança das instalações. Este artigo busca mostrar como um sistema do tipo "Standby com chaveamento perfeito" pode ajudar na tomada de decisão da Manutenção sobre qual sistema pode oferecer um nível maior de Confiabilidade. Ou seja, operar instalações baseado em níveis mínimos aceitáveis de Confiabilidade para atingir o maior nível possível de Segurança de Processos.*

Palavras-chave: *Confiabilidade, Standby, Segurança de Processo*

1. INTRODUÇÃO

O propósito de todo sistema de gestão da Manutenção e Confiabilidade é assegurar que os meios de produção e operação de um negócio atendam aos compromissos quanto à missão, disponibilidade, confiabilidade, segurança de processo, rendimento, programação, qualidade e custo, otimizando o retorno do capital investido pelos acionistas (MGMC-CP-001, 2005).

O conceito de confiabilidade aplicado aos projetos de sistemas em plantas químicas, por exemplo, assegura que os princípios básicos de Segurança de Processo sejam observados para que possam garantir que outros objetivos sejam alcançados. Os outros objetivos, portanto, são secundários em relação à Segurança de Processo para atingimento do resultado final (MGMC-CP-001, 2005).

Este artigo tentará mostrar o cálculo de confiabilidade de um sistema em particular chamado **"standby com chaveamento perfeito"** aplicado na indústria, no contexto de continuidade operacional de processos, sob parâmetros pré-estabelecidos.

Vários trabalhos (Barlow, 1967; Bilinton, 1983 e Cavalcante, 2004) mostram sistemas standby com chaveamento perfeito compostos por dois ou mais equipamentos em paralelo, sendo que um dos itens opera e os demais ficam em reserva (standby) para eventual necessidade, e, quando ocorre a necessidade por falha do equipamento titular, o chaveamento para o equipamento reserva sempre se dá de forma perfeita, sem interrupção do processo. Por exemplo, num sistema contendo três equipamentos A, B e C, sendo "A" o equipamento titular, na falha deste, a comutação para "B" ou para "C" ocorrerá sem defeitos ou perdas.

Dois aspectos distintos serão abordados neste trabalho:

O primeiro é o cálculo da confiabilidade do sistema standby (Cavalcante, 2004) levando em consideração a confiabilidade individual dos equipamentos do sistema. Esta abordagem tentará responder questões dos seguintes tipos: O que é melhor para o sistema, ter mais equipamentos com confiabilidade individual inferior, ou ter menos equipamentos com confiabilidade individual superior? Qual o papel e importância do especialista neste contexto?

A segunda abordagem diz respeito ao papel do planejamento da manutenção quanto ao tempo de atendimento aos chamados levando em consideração a queda de confiabilidade do sistema quando ocorre a falha de um ou mais ativos, e não apenas pelo conceito puro e simples do RBWS (Programação de Serviços Baseada em Risco) e/ou classificação de criticidade do equipamento (MGMC-CP-001, 2005).

Casos práticos mostram que o atendimento via RBWS (Risk Based Work Selection – Programação de Serviço Baseada em Risco) com criticidade fixa pode facilmente satisfazer índices da manutenção, mas não satisfaz critérios de

Confiabilidade na visão de sistemas críticos quando se estabelecem limites mínimos aceitáveis de operacionalidade para esses sistemas.

2. CÁLCULO DE CONFIABILIDADE PARA UM SISTEMA STANDBY

2.1. Simulações de um Sistema Standby com 3 Bombas

Considerando a Fig. 1 como ilustração e as equações que se seguem conforme "Cavalcante (2004), Principais Distribuições de Probabilidade, pág. 12/28", aqui para um sistema standby com três bombas centrífugas em paralelo. A Chave "S" garante um chaveamento perfeito quando necessita comutar de uma bomba para outra.

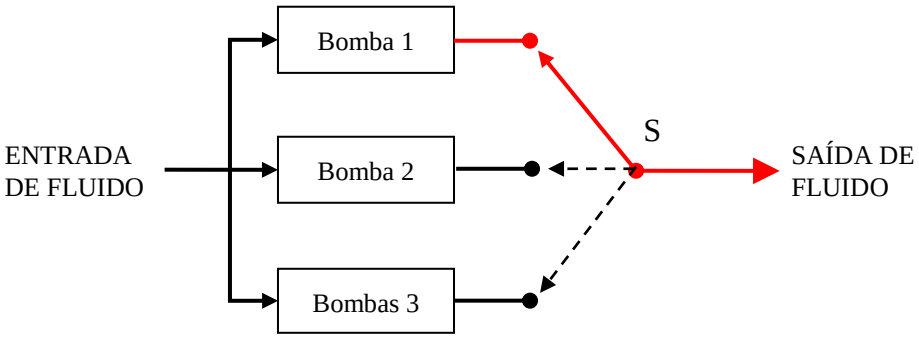

Figura 1. Ilustração de um Sistema Standby com Chaveamento Perfeito

Sistema com chaveamento perfeito, P_S (t) = 100%, significa que a probabilidade "P" de sucesso da chave "S" no tempo (t) é de 100%. Ou seja, não haverá perda no sistema em decorrência da comutação atribuída à chave "S".

A função probabilidade é dada por (Cavalcante, 2004):

$$Px(t) = \frac{(\lambda t)^x . e^{-\lambda t}}{X!} \quad (1)$$

Onde as variáveis da equação são dadas por:
P_X (t): Probabilidade de sucesso, no tempo (t);
X: Item ou componente falho;
t: tempo de observação a ser considerado;
λ: Taxa de falha;
e: função exponencial natural, cujo valor da base é aproximadamente 2,718281828

$$P(\text{zero falha no sistema}) = P_0\,(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

$$P(1\,\text{componente falhar}) = P_1\,(t) = \lambda t.e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$P(2\,\text{compon. falharem}) = P_2\,(t) = \frac{(\lambda t)^2 . e^{-\lambda t}}{2!} \quad (4)$$

Como o sistema admite até 2 falhas, a Confiabilidade do Sistema (R_{Sist}), no tempo (t), é dada por:

$$R_{sist}\,(t) = P_0\,(t) + P_1\,(t) + P_2\,(t) = e^{-\lambda t} + \lambda t.e^{-\lambda t} + \frac{(\lambda t)^2 . e^{-\lambda t}}{2!} \quad (5)$$

Considerando a taxa de falhas de qualquer bomba do sistema igual a 1 (uma) falha por ano, e considerando o tempo (t) de análise de Confiabilidade de 1 (um) ano, tem-se para este exemplo inicial: λ=1/12=0,083 e t=12 meses:

A Eq. (6) representa a Confiabilidade de um sistema (R_{Sist}) com 3 bombas, e o sistema admite até 2 falhas.

$$R_{sist}\,(t = 12) = 0{,}368 + 0{,}368 + 0{,}183 = 0{,}92 = 92\% \quad (6)$$

A Eq. (7) representa a Confiabilidade de um sistema (R_{Sist}) com 2 bombas, e o sistema admite até 1 falha.

$$R_{sist}(t=12) = 0{,}368 + 0{,}368 = 0{,}736 = 73{,}6\% \quad (7)$$

A Eq. (8) representa a Confiabilidade de um sistema (R_{Sist}) com 1 bomba, e o sistema não admite falha. É o caso quando a taxa de falha (λ) é o inverso do MTBF (Mean Time Between Failures – Tempo Médio Entre Falhas).

$$R_{sist}(t=12) = 0{,}368 = 36{,}8\% \quad (8)$$

Quando se aplica este conceito de forma mais abrangente, com um número maior de possibilidades de variação de parâmetros pode-se comparar as diferentes configurações de sistemas, ou como um mesmo sistema pode-se ter maior ou menor Confiabilidade, a depender da configuração e escolha dos elementos que integram o sistema.

Em outras palavras, a simulação de diferentes configurações pode ajudar a uma tomada de decisão para escolha de maior Confiabilidade do sistema com menor risco, ou pela escolha de menor Confiabilidade do sistema e maior risco.

Utilizando as equações (2), (3), (4) e (5), a tabela 1 a seguir mostra simulações de sistemas com 1 bomba disponível, com 2 bombas disponíveis e com 3 bombas disponíveis, para diversas taxas de falha, para um período de 1 ano (12 meses). A ideia é mostrar num mesmo gráfico o resultado das simulações de Confiabilidade do sistema standby com chaveamento perfeito e com isso, ter condições de tomar a decisão mais adequada que leve à escolha do sistema que apresente maior Confiabilidade e menor risco às instalações.

Tabela 1. Resultados de Confiabilidade para simulações de sistemas standby com chaveamento perfeito

Nº falha	t (meses)	λ	λ.t	$e^{-\lambda t}$	$\lambda t.\ e^{-\lambda t}$	$\frac{(\lambda t)^2.\ e^{-\lambda t}}{2!}$	$R = e^{-\lambda t}$	$R = e^{-\lambda t} + \lambda t.e^{-\lambda t}$	$R = e^{-\lambda t} + \lambda t.\ e^{-\lambda t} + \frac{(\lambda t)^2.\ e^{-\lambda t}}{2!}$
1	12	0,0833	1,0	0,36788	0,3678794	0,183939721	36,8%	73,6%	92,0%
2	12	0,1667	2,0	0,13534	0,2706706	0,270670566	13,5%	40,6%	67,7%
3	12	0,2500	3,0	0,04979	0,1493612	0,224041808	5,0%	19,9%	42,3%
4	12	0,3333	4,0	0,01832	0,0732626	0,146525111	1,8%	9,16%	23,81%
5	12	0,4167	5,0	0,00674	0,0336897	0,084224337	0,7%	4,04%	12,47%
6	12	0,5000	6,0	0,00248	0,0148725	0,044617539	0,2%	1,74%	6,20%
7	12	0,5833	7,0	0,00091	0,0063832	0,022341108	0,09%	0,73%	2,96%
8	12	0,6667	8,0	0,00034	0,0026837	0,010734804	0,03%	0,30%	1,38%
9	12	0,7500	9,0	0,00012	0,0011107	0,004998097	0,01%	0,12%	0,62%
10	12	0,8333	10,0	0,00005	0,000454	0,002269996	0,005%	0,05%	0,28%

Os resultados das simulações da tab. 1 estão plotados e apresentados no gráfico da Fig. 2 a seguir.

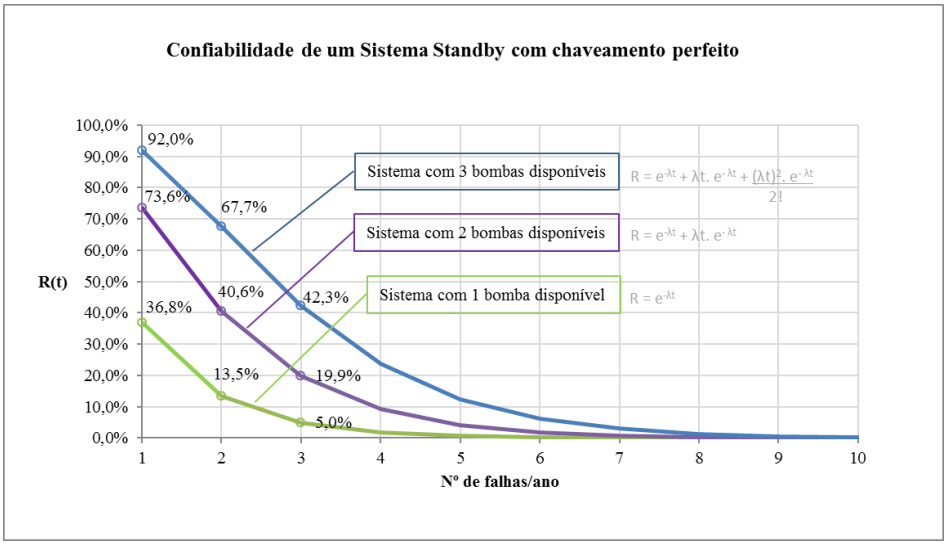

Figura 2. Gráfico das simulações de Confiabilidade mostradas na Tab. 1

Algumas lições que se pode tirar a partir das simulações de Confiabilidade mostradas no gráfico da Fig. 2, são:

a) Um sistema com três bombas que falha duas vezes por ano tem **menor** Confiabilidade do que um sistema com duas bombas cuja taxa de falha seja de uma vez por ano. Ou seja, na hora de projetar é imprescindível avaliar a Confiabilidade individual dos equipamentos para estabelecer o critério de menor custo *versus* maior Confiabilidade do sistema.
b) A Confiabilidade do sistema cai no momento em que um item falha e é retirado para Manutenção, sendo assim, o ideal seria aumentar a criticidade do que ficou operando para se estabelecer a correta priorização de atendimento. Ou seja, a programação de atendimento que leva em conta apenas o RBWS é deficiente porque está considerando uma classificação de criticidade fixa baseada em uma Confiabilidade fixa com o sistema completo, mas a Confiabilidade muda, então o critério de atendimento ao item que falhou tem que mudar.
c) O contingente de manutenção é calculado hoje baseado em 'custo' e 'conhecimento a priori', mas o critério mais inteligente seria quando calculado levando em consideração a Confiabilidade dos Sistemas, pois valorizaria mais a produção alinhado à Segurança de Processo e aos custos de manutenção.
d) Sistemas inteligentes aplicados à manutenção podem diminuir as taxas de falha e consequentemente aumentar a Confiabilidade e Disponibilidade dos Sistemas. Nesse contexto o papel do especialista é fundamental.

Se considerar que o critério para se estabelecer o melhor sistema produtivo seja pela maior Confiabilidade, Produtividade e Segurança de Processo, em casos cuja falha do sistema represente riscos às pessoas e instalações, para cada sistema operacional pode-se definir um valor mínimo aceitável de Confiabilidade.

Por exemplo, se em um determinado processo a Confiabilidade mínima aceitável para um sistema standby for de 90%, qual dos sistemas atenderia a este critério, nas condições mostradas no gráfico da Fig. 2? A resposta é que apenas o sistema com 3 bombas, com taxa de falha de no máximo 1 falha por ano, atenderia a este critério. Nenhuma outra configuração atenderia, pois apresentam Confiabilidade inferior à aceitável.

Observa-se que os valores de taxa de falha considerados na simulação foram a partir de 1 falha por ano ou mais. Isto foi proposital para dar mais ênfase ao decaimento da confiabilidade visualmente, nos três sistemas.

Mas há casos reais em que uma falha por ano seja inaceitável, pois a maioria dos projetos só concebem no máximo uma bomba reserva, consequentemente, a Confiabilidade será muito baixa se essa taxa de falhas for alta.

2.2. Estudo de Caso de um Sistema Standby de uma Planta Petroquímica

Em um caso real de uma planta petroquímica, um determinado sistema standby possui duas bombas de circulação de uma coluna de Quench, sendo uma bomba titular e uma reserva. O projeto original da planta disponibilizou um tipo de bomba cujo tempo médio entre falhas do rotor e voluta era de apenas 6 meses, ou seja, duas falhas por ano, como mostrado na Fig. 3. A Confiabilidade do sistema com essas características é conhecida e está mostrada no gráfico da Fig. 2: **R=40,6%**.

Para mudar este cenário, todos os esforços do Planejamento, mesmo a mais criteriosa estratégia de manutenção, ferramental adequado, aumento do número de executantes, ou qualquer outra iniciativa no âmbito meramente de Engenharia de Produção para diminuir o MTTR (Mean Time To Repair – Tempo Médio Para Reparo) são insuficientes. Isto é uma demonstração de que o conhecimento do especialista é fundamental, sempre será importante e deve prevalecer para mudar cenários quando se pretende aumentar a Confiabilidade de sistemas.

Neste caso específico e real, o produto bombeado é uma mistura de EDC, MVC e HCl, contendo partículas sólidas abrasivas e corrosivas. O material original do rotor e voluta era DIN 1.4317 (GXZ5CrNi13-4), Fig. 3. A baixa Confiabilidade, neste caso, representava alto custo de manutenção e alto risco de Segurança de Processo, com 'potencial' de ocorrência TIER 1 (Risco Alto Nível 1).

Figura 3. Fotos do rotor e voluta originais em DIN 1.4317 das bombas de circulação da coluna de Quench

Após estudo minucioso de engenharia de aplicação de materiais, cujo desenvolvimento não é objeto deste trabalho, a solução foi pela mudança do material do rotor e voluta para ASTM A890 Gr 5A (Superduplex). A taxa de falhas que antes era de 2 falhas por ano (λ=0,1667), passou a ser 1 falha a cada 5 anos (λ=0,01667), dez vezes menor. Com isso a Confiabilidade do sistema standby aumentou de **R=40,6%** para **R=98,2%** para um período de 1 ano. Observa-se que esta Confiabilidade é maior do que um sistema de 3 bombas com taxa de 1 falha por ano (R=92,0% – Fig. 2).

Figura 4. Foto do novo rotor em ASTM A890 Gr. 5A das bombas de circulação da coluna de Quench

3. A VISÃO PLANEJAMENTO NA ESTRATÉGIA DE PRIORIZAÇÃO DE SERVIÇOS

Muitas organizações dedicam esforços para obter o menor custo de Confiabilidade que atenda aos requisitos da missão estabelecida. Para cada processo, sistema e equipamento há um ponto ótimo de efetividade que balanceia o custo da melhoria da confiabilidade com o custo da produção não confiável (MGMC-CP-001, 2005).

O custo total de uma instalação de baixa Confiabilidade pode ser tão grande que inviabilize um negócio quando o critério inclui o conceito de Segurança de Processo. Por outro lado, o custo total com um aumento significativo de Confiabilidade às vezes não se faz necessário em sistemas que não são tão importantes, dentro de um mesmo negócio. Então busca-se estudar caso a caso para encontrar o ponto ótimo.

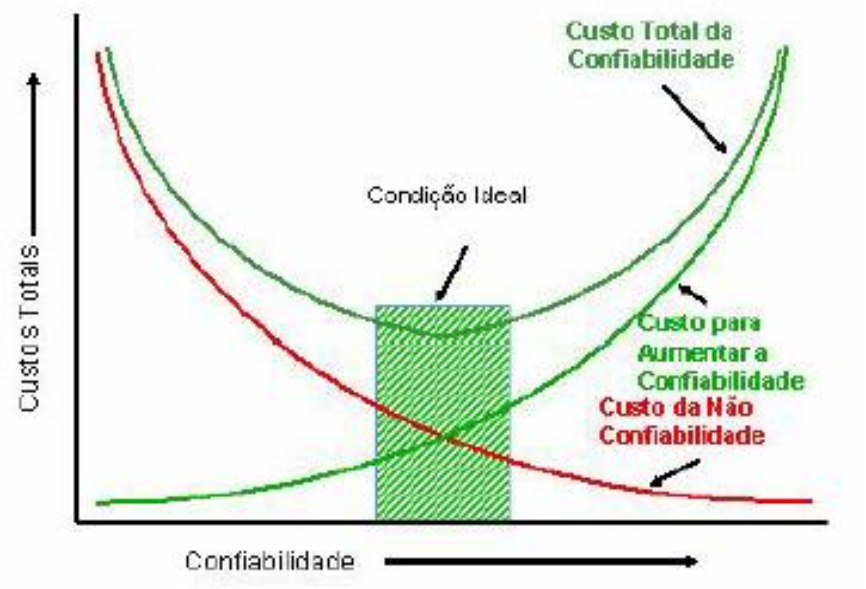

Figura 5. Gráfico Confiabilidade *versus* Custos Totais

Se por um lado é possível reduzir os custos de manutenção pela simples redução do nível de serviço, o efeito esperado será o impacto negativo no custo da não confiabilidade e performance do sistema. De forma equivalente, o incremento do desempenho e confiabilidade do sistema pode ser obtido aumentando-se drasticamente o nível de serviços, entretanto com elevação significativa dos custos de manutenção.

O propósito, então, visa estabelecer uma faixa de condição ideal.

Para cada equipamento normalmente são definidas as abordagens alternativas para Manutenção, com base nas suas funções requeridas, a criticidade e o risco associado à consequência de sua falha funcional, assim como na tecnologia disponível para monitoramento da sua condição.

A programação de serviços baseada em risco (RBWS) tem intrinsecamente o conceito de Confiabilidade em sua raiz, qual seja, a Classificação de Criticidade do equipamento.

Em conjunto com a probabilidade ou frequência de ocorrência da falha funcional analisada, obtêm-se como dado de saída um binômio "Risco – Criticidade" para cada equipamento, cujas características são apresentadas a seguir, como exemplo de aplicação (MGMC-CP-001, 2005).

- **Risco** – É o produto entre a probabilidade ou frequência de ocorrência de um evento e o impacto ou magnitude das consequências potenciais deste evento, caso o mesmo venha a ocorrer. O risco é então classificado em Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo.
- **Criticidade** – Indicador adimensional da importância relativa de um equipamento com relação aos objetivos do negócio da empresa, ou a magnitude das consequências decorrentes de sua eventual falha. A criticidade pode ser classificada de diversas formas, a seguir é apresentado um exemplo:
    - **Criticidade A:** A Falha Funcional pode ter consequências catastróficas em Segurança e Saúde, Meio Ambiente, e/ou Perdas de Produção (necessidade de operar a plena capacidade, sempre que demandado). A frequência de ocorrência pode ser alta, média ou baixa. Abordagem da Estratégia de Manutenção focada no atingimento da máxima confiabilidade e disponibilidade.
    - **Criticidade B:** A Falha Funcional pode ter impacto severo em Segurança e Saúde, Meio Ambiente, e/ou Perdas de Produção. A frequência de ocorrência pode ser alta, média ou baixa. Abordagem da Estratégia de Manutenção focada no atingimento da máxima confiabilidade ou máxima disponibilidade.
    - **Criticidade C:** A falha funcional pode ter um impacto considerável em Segurança e Saúde, Meio Ambiente, e/ou Perdas de Produção. A frequência de ocorrência pode ser média ou baixa. Abordagem da Estratégia de Manutenção focada no atingimento da máxima disponibilidade.
    - **Criticidade D:** A falha funcional pode ter algum impacto em Segurança e Saúde, Meio Ambiente, e/ou Perdas de Produção. A frequência de ocorrência é normalmente baixa. Abordagem da Estratégia de Manutenção focada no atingimento da máxima disponibilidade ou obtenção de custo mínimo.
    - **Criticidade E:** A falha funcional não tem impacto em Segurança e Saúde, Meio Ambiente, e/ou Perdas de Produção. A frequência de ocorrência é normalmente baixa ou muito baixa. Abordagem da Estratégia de Manutenção focada na obtenção de custo mínimo.

Com este foco, são estabelecidas diretrizes diferenciadas para escolha das Políticas de Manutenção, além de ações relacionadas a:

- Planejamento, Programação e Atendimento;
- Engenharia de Manutenção e Confiabilidade;
- Política de Operação voltada para a Confiabilidade;
- Política de Investimentos;
- Gestão de Sobressalentes;
- Gestão de Custos.

Ainda conforme MGMC-CP-001 (2005), um sistema informatizado pode, então, reunir os parâmetros de risco e criticidade, condição do equipamento se parado ou não, estabelecer um escore e calcular um índice de severidade x urgência, e com isso estabelecer as prioridades de atendimento em cada caso que podem ser, por exemplo: emergência, urgência, programáveis, ou atendimento normal. Exemplos de matrizes RBWS (ilustrativo):

Produto Severidade x Urgência					
	10	8	6	3	1
10	100	80	60	30	10
8	80	64	48	24	8
6	60	48	36	18	6
3	30	24	18	9	3
1	10	8	6	3	1

Figura 6. Produto *Severidade x Urgência* na Matriz RBWS

Prioridade da OS				
1	2	3	3 ou 4	4
2	2	3	3 ou 4	4
3	3	3 ou 4	4	4
3 ou4	3 ou 4	4	4	4
4	4	4	4	4

Figura 7. Prioridade da Ordem de Serviço na Matriz RBWS

Prazo de Vencimento				
1d	2d	10 d	1m	1a
2d	3d	15d	2m	1a
10d	15d	20d	6m	2a
1m	2m	6m	1a	2a
1a	1a	2a	2a	2a

Figura 8. Exemplo de Prazos de Vencimento na Matriz RBWS

No entanto, pode-se notar, conforme mostrado no capítulo 2, que ao falhar um ativo num sistema standby a Confiabilidade do sistema cai e, consequentemente, a abordagem da criticidade não deveria ser a mesma, fixa, como se baseia o conceito de RBWS. Neste conceito a condição do equipamento muda, mas a criticidade é a mesma, aí está a vulnerabilidade do modelo.

A proposta seria, então, não utilizar apenas o conceito RBWS com visão individual de um ativo com criticidade fixa, mas sim considerar a queda da Confiabilidade do sistema onde o ativo está inserido, na tomada de decisão quanto ao tempo de atendimento e estratégia de manutenção. Assim, certamente seria para atendimento mais rápido do que o modelo tradicional.

Um equipamento de um sistema standby composto de duas bombas, conforme o item 2.2, com Confiabilidade **R=98,2%**, se falhar a bomba titular, a Confiabilidade do sistema cai para **R=81,9%**, que é o sistema de uma bomba só, com taxa de falha provável de 1 falha a cada 5 anos. Se o critério de operacionalidade da planta estabelecesse uma Confiabilidade mínima aceitável de 90%, a operação do sistema estaria comprometida, sob o risco de infringir essa diretriz. Mas um atendimento emergencial para substituição rápida da bomba que falhou iria mitigar essa vulnerabilidade e a Confiabilidade do sistema voltaria à condição normal e aceitável. Por outro lado, se o limite para a Confiabilidade do sistema fosse, por exemplo, $R_{mín}$=80%, a condição estaria satisfeita para este caso, mesmo que operando com apenas uma bomba, assim, a programação de manutenção poderia ter prioridade menor para atendimento e, consequentemente, um prazo maior.

Portanto, trabalhar com limites mínimos aceitáveis de Confiabilidade de sistemas, de acordo com a criticidade do sistema produtivo e não somente pela classificação de criticidade do ativo individual, garante um domínio maior quanto ao atendimento das solicitações, segurança das pessoas e instalações e custos de manutenção.

4. CONCLUSÃO

A ABNT NBR ISO 55000 (2014) recomenda “que os princípios pelos quais a organização pretende aplicar a gestão de ativos para alcançar seus objetivos sejam estabelecidos em uma política de gestão de ativos (3.1.18). Convém que a abordagem para a implementação destes princípios seja documentada em um plano estratégico de gestão de ativos (SAMP – Strategic Asset Management Plan)” e que “a organização avalie o desempenho de seus ativos, de sua gestão de ativos e de seu sistema de gestão de ativos”.

A não observância da Confiabilidade individual dos ativos que compõem um sistema pode levar a tomada de decisão equivocada na concepção de projeto e estratégia de manutenção, podendo representar maior risco às instalações.

Por outro lado, quando se utiliza a *expertise* dos profissionais especialistas para desenvolver estudos para aumento da Confiabilidade individual dos componentes que integram um sistema, o ganho é certo e os riscos são minimizados.

Apenas levantar dados não satisfaz, por isso o papel do planejamento nas atribuições de realização de serviços não é suficiente para mudar cenários de crise de forma definitiva. É necessário o conhecimento de especialistas na busca pelo aumento da Confiabilidade dos ativos para que a Confiabilidade dos sistemas alcance padrões aceitáveis de produtividade e Segurança de Processo.

5. REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 55000, 2014, "Gestão de ativos — Visão geral, princípios e terminologia", ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.

Barlow, R.E., Proschan, F., 1967, "Mathematical Theory of Reliability", John Willey & Sons, Inc.

Bilinton, R., 1983, "Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques", Pitman Publishing, Inc.

Cavalcante, Cristiano A.V., Ferreira, Heldemárcio L., 2004, "Confiabilidade e Mantenabilidade", Apostila do Curso Gestão da Manutenção, Universidade Federal de Pernambuco.

Cavalcante, Cristiano A.V., Ferreira, Heldemárcio L., 2004, "Principais Distribuições de Probabilidade", Apostila do Curso Gestão da Manutenção, Universidade Federal de Pernambuco.

Lafraia, Ricardo, 2001, "Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade", Qualitymark, Rio de Janeiro.

MGMC-CP-001, 2005, "Manual de Gerenciamento da Manutenção e Confiabilidade", EMC – Engenharia de Manutenção e Confiabilidade – Braskem, Camaçari, Brasil.

Moubray, John, 1997, "Reliability-Centered Maintenance RCM-II", Biddles Ltd, Great Britain.

NBR 5462, 1994, "Confiabilidade e Mantenabilidade", ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.

Suzuki, Tokutaro, 1994, "TPM in Process Industries", Productivity Press, Portland, Oregon, USA.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

"Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho".

RELIABILITY SIMULATIONS OF STANDBY SYSTEM WITH PERFECT SWITCHING, TOOL FOR PRODUCTION AND MAINTENANCE MANAGEMENT

Jessivaldo Vicente do Nascimento, jessivaldo.vicente@braskem.com[1]
Wilton Batista da Silva, wiltonbatista@ipojuca.ifpe.edu.br[2]

[1]Braskem, Rod. Divaldo Suruagy, s/n, km 12 Via II, Pólo Cloroquímico, Marechal Deodoro – AL
[2]Instituto Federal de Pernambuco, Rodovia Pe 060, Bairro Jardim Califórnia, Ipojuca – PE

Abstract*. The reliability tools have been increasingly used in production and processes systems, assisting in decision making from the design of the facilities and throughout the life of the assets, seeking to optimize production capacity versus adequate level of safety process. this work show how a type system "Standby with Perfect Switching" can help in decision making maintenance on which system can provide a higher reliability. That is, to operate the facilities with minimum acceptable reliability to achieve the highest possible process safety.*

Keywords*: Reliability, Standby, Process Safety*