

## **Avaliação do Risco de Falha Humana Baseado na Frequência de Ações Observáveis**

Celso Luiz Santiago Figueiroa Filho  
UCSAL – Universidade Católica do Salvador

Edilson Machado de Assis  
UCSAL – Universidade Católica do Salvador

Gabriel Alves da Costa Lima  
AREMAS

### **1. INTRODUÇÃO**

As avaliações de confiabilidade humana são realizadas usando o julgamento de especialistas, ou por estatísticas de eventos negativos como acidentes ou por perdas de processo. As variáveis de contexto como luminosidade, ruído, pressão do tempo, experiência do executantes, etc. são usadas para ajustar o resultado das taxas nominais de falha humana obtidas para a realidade encontrada. Esta abordagem comum às técnicas de avaliação, intrinsecamente complexa, leva a concluir que um valor numérico pode não ser uma solução satisfatória, mas que existem vários cenários com soluções específicas. Uma proposta é a aplicação de redes para as variáveis envolvidas (modelos bayseanos, mapas cognitivos, análises multivariáveis, etc.) combinadas com descritores *fuzzy* para representar a informação linguística das avaliações dos fatores de influência. Porém para montar estas redes e suas relações *fuzzy* as análises são feitas para cada tarefa, sendo que uma rede desenvolvida não pode ser usada para analisar uma outra tarefa, demandando grandes recursos para cada solução.

### **2. OBJETIVOS DO TRABALHO**

Este trabalho tem como proposta apresentar uma abordagem para avaliar o risco de ocorrer uma falha humana que tem como centro a frequência de ações observáveis, e sobre como os fatores de influência no desempenho podem ser associados, aplicada a qualquer tarefa humana.

### **3. DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO**

#### **3.1 Metodologia**

A metodologia para elaborar a modelagem tentou levar em consideração toda história de conhecimento da área de confiabilidade humana, incorporando técnicas bem conhecidas como THERP, SLIM, HEART, MERMOS e CREAM. Estas técnicas partem da análise de tarefas, associam os fatores contextuais julgados por especialistas e usam unidades físico mentais encontradas nas tarefas. Padronizando estas unidades de tarefas foi possível estabelecer relações fixas entre elas e os fatores de influência à performance humana.

As tarefas podem ser caracterizadas pelas demandas físico-mentais que aparecem quando estão sendo realizadas. Alguns métodos propõem a análise das tarefas por atividades que representem estas demandas como o CREAM (Hollnagel 1998). Porém elas não descrevem como reconhecer estas atividades, que em alguns casos são algumas etapas do processo cognitivo, não sendo possível verificar na execução a sua existência (exemplo: momento de interpretação). A identificação destas atividades ou ações na implementação do método torna-se muito difícil.

Um modelo para interpretação é criado para descrever os fenômenos que ocorrem, na forma de unidades de tarefas que são sempre possíveis de serem verificadas. Uma padronização destas atividades observáveis típicas na execução de tarefas de manutenção e operação foi realizada

representando momentos específicos físico-mentais, e são apresentados na Tabela 1. Este quadro foi discutido entre a equipe, envolvendo também ergonomistas, psicólogo e psiquiatras.

**Tabela 1 – Atividades padronizadas**

Atividades	
Comunicação	Repair
Contagem	Ajuste
Teste	Amostragem
Inspeção	Manobras
Monitoramento	Manipulação e transporte
Diagnóstico	Serviços*
Instalação	Serviços administrativos
Remoção	Planejamento
Medição	Montagem

\* Limpeza, lubrificação, seleção, separação e substituição

Para exemplificar, seguem abaixo as descrições de alguma destas atividades ou ações observáveis..

**Monitoramento** Esta atividade tem como parte dela a inspeção/check, porém tem características de dependência do tempo, pois se relaciona ao acompanhamento das oscilações de uma variável do sistema monitorado e inclui também a atividade de controlar quando necessário, ou seja, não só observar mas também agir.

**Diagnóstico** quando a falha não é algo evidente para a experiência. Aplica-se às situações que usam um evento/ peça/ fenômeno comparativo para a tomada de decisão.

**Instalação** A instalação de um equipamento/ componente/ elemento do sistema em sua posição em campo.

**Montagem** Diferente da instalação no aspecto em que instala componentes internos, após ela não há muito o que se possa fazer sem gerar retrabalho e, é altamente dependente da sequência.

**Serviços** São atividades comuns a muitas tarefas e requerem fundamentalmente habilidades manuais, destreza na sua execução, associada a um pequeno conhecimento específico. São exemplos: Substituir peças em um equipamento, Lubrificação de equipamento, adicionar fluidos, limpeza do equipamento.

É preciso entender que a atividade ou ação é o menor nível observável da demanda físico-mental de uma tarefa, porém podem ocorrer vários processos cognitivos não mensuráveis e de variáveis não conhecidas em cada pessoa. Qualquer descrição de atividades envolvendo níveis mais detalhados será apenas interpretativa e validação difícil.

Como as tarefas são combinações destas unidades de tarefas, usou-se como ponderação a frequência com que cada uma das unidades ocorre na tarefa analisada. Esta ponderação estabelece uma escala para a propensão a falha humana. Como para maior parte das demandas operacionais a busca é por uma tendência ao maior ou menor risco, um valor qualitativo obtido da escala proposta atende satisfatoriamente, permitindo a proposição de ações de melhorias, preventivas ou de mitigação.

Uma tarefa poderia ser desenvolvida contabilizando a frequência de ocorrência de cada atividade na tarefa, conforme exemplo mostrado na Tabela 2.

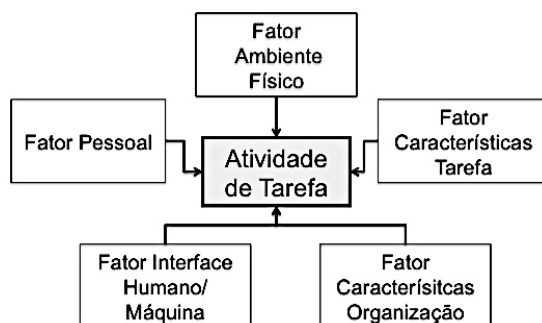
**Tabela 2 - Frequência de atividades observáveis**

<b>Atividade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Frequência</b>
Diagnóstico	14	0,05
Monitoramento	4	0,01
Planejamento	3	0,01
Comunicação	13	0,05
Cotagem	20	0,07
Teste	2	0,01
Inspeção	16	0,06
Manobra	42	0,15
Ajuste	1	0,00
Amostragem	0	0,00
Manipulação e transporte	42	0,15
Serviços	0	0,00
Reparo	0	0,00
Administrativo	5	0,02
Instalação	30	0,11
Montagem	0	0,00
Medição	0	0,00
Remoção	80	0,29
Total	272	1,00

Os erros humanos ocorrem na tarefa mais especificamente em alguma atividade observável. Devido a afirmação anterior foi adotado no modelo a centralidade da atividade observável para que os fatores que influenciam o desempenho humano (FID) sejam avaliados quanto ao impacto em cada atividade identificada na tarefa. Os FID tem sua origem nos estudos de fatores humanos [Antonovsky, 2014]. Um levantamento foi realizado em normas [API770 2001], livros [Hollnagel 1998; Swain&Guttmann; 1983; Spurgin, 2011], surveys de instituições de diferentes setores econômico [Crowl 2007] e de artigos [Bertolini 2007, Dai, Li, & Zhang 2010] e foram identificados mais de 150 termos e expressões representando os FID.

Interpretando os termos e expressões uma lista de 210 itens de verificação foi estabelecida. Esta lista foi agrupada em 5 grandes categorias, apresentadas a seguir. A representação de como está associado a atividade é mostrada na Figura 1.

1. Aspectos organizacionais
2. Ambiente físico
3. Características da Tarefa
4. Características Pessoais
5. Interface Humano-Máquina



**Figura 1** – Influencia das Categorias de FID na atividade da tarefa

Cada atividade observável tem o seu desempenho afetado diferentemente por cada um dos fatores, e alguns fatores tem maior impacto que outros em cada contexto onde se realiza a tarefa. O impacto dos FID sobre cada atividade é avaliado sobre 2 cenários: uma situação ideal como a realização da tarefa em um ambiente de laboratório sobre condições controladas; considerando o contexto ambiente-organizacional em que será realizada a tarefa.

Para alguns fatores (exemplo: tipo psicológico do executante) foi necessário uma descrição linguística com o auxílio da lógica *Fuzzy*. Nestes casos a representação da percepção de risco do grupo teve influencia no resultado.

### 3.2 Estudo de Caso

A abordagem desenvolvida foi aplicada a tarefas de operação em plantas de geração de energia hidrelétrica de uma mesma empresa. Neste contexto as tarefas são muito padronizadas e executadas em sequência, ou seja, em uma serie passo a passo, e em geral previamente coordenadas devido a integração do sistema em rede. Não foi o objetivo deste trabalho estabelecer relações de causa e efeito ou de dependência entre as tarefas, estas apenas foram consideradas na forma sequencial como ocorrem considerando a condição de serem realizadas por pessoas ou equipes diferentes.

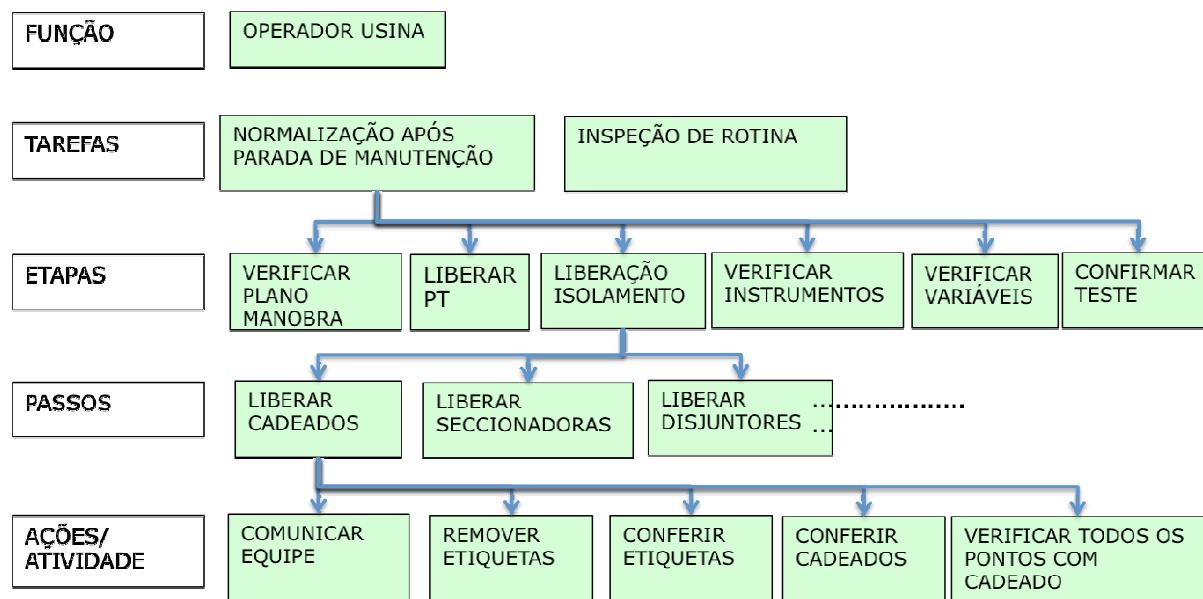
Algumas funções técnicas foram identificadas no contexto das usinas hidrelétricas no Brasil e foram relacionadas às tarefas que são executadas por cada uma destas funções. A Tabela 3 apresenta exemplos de funções operacionais e tarefas.

**Tabela 3** - Funções e exemplos de tarefas críticas

<b>Função</b>	<b>Tarefa crítica</b>
Operador de processo	Partida em gerador após manutenção
	Inspeção de rotina
Mecânico de manutenção	Ajuste do regulador de velocidade do gerador
Técnico eletricitista	Substituição de um transformador
Operador de central de controle	Manobras antes de dar partida em gerador
	Balanco de vazões*

\* Entre plantas do mesmo fluxo

A análise de tarefa foi desenvolvida detalhando até o nível da atividade observável, identificando etapas, passos até a atividade. A Figura 2 apresenta um exemplo para um passo, de uma etapa, de uma tarefa de uma função do ambiente operacional das usinas hidrelétricas



**Figura 2** – Desenvolvimento de tarefas

Os FID foram relacionados com o contexto de cada usina e uma escala linguística abaixo foi criada:

1. Muito Baixo – impacto muito baixo no Desempenho Humano
2. Baixo – impacto baixo no Desempenho Humano
3. Alto – impacto negativo alto no Desempenho Humano
4. Muito Alto – impacto muito negativo no Desempenho Humano

A Tabela 4 apresenta os resultados do impacto das 5 categorias de FID sobre as atividades observáveis para uma usina específica.

**Tabela 4** – Exemplo da avaliação das Atividades relacionadas as FID para uma Usina

Atividade	Aspecto	Ambiente	Característica	Interface	Característica
	Organizacional	Físico	da tarefa	Homem-máq	Pessoal
Diagnóstico	B	MB	MA	B	MA
Monitoramento	MB	MB	A	MA	A
Planejamento	A	A	B	MA	A
Comunicação	A	A	A	MB	A
Contagem	B	B	B	MB	A
Teste	B	B	A	MB	A
Inspeção	MB	B	B	MB	B
Manobra	MA	B	A	A	B
Ajuste	A	B	A	A	B
Amostragem	MA	B	A	A	B
Manipulação e transporte	B	A	A	A	MA
Serviços	B	A	B	B	MA
Reparo	B	MA	B	B	MA
Administrativo	A	MB	B	B	MB
Instalação	A	MB	MA	B	MB
Montagem	MA	MA	MB	B	B
Medição	MB	A	MA	A	B
Remoção	MA	A	MA	MA	B

Para obter o risco da tarefa total foram estabelecidas regras e foi usado um modelo *fuzzy* para representar os cenários de risco. As regras consideram os valores linguísticos obtidos e a frequência de ocorrência de cada atividade observável. O resultado é uma propensão ao risco de falha humana para cada tarefa específica.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Para cada tarefa selecionada em cada uma das funções em cada usina foi gerada uma associação dos fatores nas unidades de tarefa com a escala linguística. Foi feita também a combinação de várias tarefas ocorrendo no mesmo turno.

A análise de tarefas foi bastante simplificada com a adoção do conceito de unidades de tarefas (atividades observáveis), permitindo a realização da análise para muitas tarefas de uma forma bem mais rápida. A aplicação com não especialistas em análise de tarefas demonstrou que o método é facilmente implementado.

O modelo usando a frequência em que cada atividade observável ocorre demonstrou ser coerente com percepção do grupo de especialistas sobre a propensão a falhas encontrada. Apesar de não o objetivo deste trabalho, a associação de uma probabilidade pode ser feita a partir do valor encontrado em uma escala normalizada. O modelo adotado foi linear partindo dos valores para as tarefas usando as referências para as tabelas publicadas na metodologia THERP – *Technique for Human Error Probability* [Swain&Guttmann, 1983] máximos e mínimos.

## 5. CONCLUSÃO

A abordagem proposta reduz a necessidade de especialização nos métodos de análise de tarefas, pois define claramente as ações que são mensuradas nas tarefas e confirmadas apenas por observação. A solução proposta permite a análise da tarefa por simples observação sem aprofundar nas discussões sobre o processamento cognitivo, complexas de serem medidas. A forma como o processo de execução é descrito facilita a elaboração de redes. Assim a solução pode suportar avaliações dinâmicas de forma a absorver na modelagem como o risco é afetado ao longo do tempo e do contexto.

## 6. REFERÊNCIAS

- [2] ANTONOVSKY, A. ; POLLOCK, C.; STRAKER, L. “Identification of the Human Factors contributing to Maintenance Failures in a Petroleum Operation”. *Fatores Humanos. The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*, Vol.56 (2), pp.306-321/0029 (2014)
- [3] API770 (2001). “A management guide to reduce human errors- improving human performance in process industries”. American institute petroleum api publication 770.
- [4] Bell, J. & J. Holroyd (2009). “Review of human reliability assessment methods, RR679”. Health and Safety Executive.UK.
- [5] Bertolini, M. (2007). “Assessment of human reliability factors: A fuzzy cognitive maps approach. *International Journal of Industrial Ergonomics* 37(5), 405–413.
- [6] Boring, R. L. & H. S. Blackman (2007). “The origins of the spar-h methods performance shaping factor multipliers”. In *Human Factors and Power Plants and HPRCT 13<sup>th</sup> Annual Meeting, 2007 IEEE 8th*, pp. 177–184.
- [7] CCPS (1994). “Guidelines for preventing human error in process safety”. New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers.
- [8] Crawl, D. (2007). “Human factors methods for improving performance in the process industries”. Hoboken, NJ: CCPS, Center for Chemical Process Safety Wiley-Interscience.
- [9] Dai, L., P. Li,&L. Zhang (2010). “Operator situation awareness assessment model in a nuclear powerplant”. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2010 IEEE International Conference on*, pp.2440–2444.
- [10] Hollnagel, E. (1998). “Cognitive reliability and error analysis method : CREAM”. New York: Elsevier.
- [11] Kirwan, B. (1996). “The validation of three human reliability quantification techniques – THERP, HEART and JHEDI: Part 1 – technique descriptions and validation issues”. *Applied Ergonomics* 27(6), 359–373.
- [12] Silva, J. A. P., N. L. Menegon, & M. M. de Carvalho (2012). “Human reliability and ergonomics: a literature review from 1963 to 2011”. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation* 41(0), 3252–3259.
- [13] Spurgin, A. (2010). “Human reliability assessment : theory and practice”. Boca Raton: CRC Press. Sträter, O. (2004). Considerations on the elements of quantifying human reliability. *Reliability Engineering& System Safety* 83(2), 255–264.
- [14] Swain, A. D. & H. E. Guttman (1983). “Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications: Final Report”. Washington, D.C.: NUREG/CR-1278