

# A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (ROOT CAUSE ANALYSIS) NA MELHORIA DO DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

José Antonio Baptista, CMRP

## RESUMO:

A Análise de Causa Raiz é uma metodologia que demonstra ser imprescindível para qualquer organização, especialmente para a manutenção industrial que necessita eliminar a reincidência de falhas para sair do modo reativo. Ao mesmo tempo que a afirmação anterior parece ser consenso entre as empresas, ainda ocorrem tentativas frustradas de implantação da metodologia nos mais diversos tipos de empresa, em vários lugares do planeta. Neste trabalho procura-se apresentar a Análise de Causa Raiz, passo a passo e, ao mesmo tempo, apontar alguns dos principais fatores que podem causar o fracasso da implantação da mesma, com base na experiência do autor.

A Análise de Causa Raiz ou RCA (Root Cause Analysis), acrônimo do termo em inglês bastante utilizado, é uma metodologia imprescindível para que a manutenção industrial consiga sair do danoso modo reativo.

Para entender melhor o que é modo reativo; pense na situação, onde a equipe de manutenção se ocupa em tempo integral de reparar os equipamentos que quebram aleatoriamente. Neste modo, a equipe de manutenção está sempre sobrecarregada, trabalhando sob a constante pressão de ter que reparar equipamentos para recolocar a fábrica em operação, outro termo comumente utilizado para descrever esta situação é “trabalhar apenas para apagar incêndios”. Neste modo, as despesas de manutenção são, além de elevadas, praticamente imprevisíveis. Existe constante tensão entre manutenção e operação pois a manutenção é sempre vista como a grande vilã que impede a operação de cumprir seu programa de produção e, além disto, responde por uma considerável parcela dos custos de operação.

José A. Baptista: Engenheiro Eletricista; Certificado profissional de manutenção e confiabilidade pela Society for Maintenance & Reliability Professionals (SMRP) - EUA; atualmente exerce o cargo de Global Reliability Technology Manager na ABB Ltda, sendo responsável mundial por Manutenção e Confiabilidade, ligadas ao produto ABB Full Service®.

Apesar deste fato ser conhecido e as empresas terem cada vez mais consciência da importância da Análise de Causa Raíz, que doravante chamaremos apenas de RCA, o que impede a implantação bem sucedida da metodologia?

Afinal, por que a RCA não funciona?

Este trabalho propõe-se a apontar algumas das causas pelas quais, em muitos lugares, a Análise de Causa Raíz não produz os resultados que dela se espera e apresentar, resumidamente, os passos para que se consiga implementar a Análise de Causa Raíz de forma a obter sucesso.

Antes de prosseguir, para melhor compreensão e nivelamento de conceitos, é conveniente rever algumas definições importantes que são utilizadas na Análise de Causa Raíz.

**Fatores causais:** Todos os fatores que logicamente podem afetar resultados, incluindo aqueles que comprovadamente produzem o fenômeno.

**Causas:** Os fatores causais que são comprovados ou deduzidos como causadores, direta ou indiretamente, do fenômeno em análise.

**Causa Raíz:** A causa que, se corrigida, previniria a recorrência desta ou de ocorrências similares. A causa raiz não se aplica apenas a ocorrência em análise, mas tem implicações genéricas a um grupo amplo de possíveis ocorrências, e este é o fundamental aspecto de que a causa deva ser identificada e corrigida. Poderão ser identificadas uma série de causas que podem estar interligadas entre si. Esta série deve ser pesquisada até que a(s) causa(s) fundamental(is) seja(m) identificada(s) e corrigida(s).

Deve-se ressaltar que não existe uma única definição de consenso de Análise de Causa Raíz no âmbito industrial; as sociedades técnicas, corporações e empresas possuem suas próprias definições e é raro encontrar duas definições iguais. Optou-se pela definição abaixo pois a mesma traduz os conceitos abordados neste trabalho.

**Análise de Causa Raíz:** é qualquer processo dirigido por evidências que, no mínimo, revela causas obscuras sobre eventos adversos passados e, desta forma, expõe oportunidades de melhoria duradouras.

Na própria definição de Análise de Causa Raíz encontramos uma das causas pela qual a mesma não produz os resultados esperados em vários lugares onde é implantada: todo o processo deve ser dirigido por evidências.

Constata-se que muitas pessoas fazem deste processo rotina burocrática; organizam reuniões de análise, elaboram “Brainstorming”, também conhecido como “tempestade de idéias”, aplicam a técnica do 5 Por Ques sem buscarem qualquer evidência, ou seja; não investigam o local do incidente, não coletam amostras, não entrevistam testemunhas e, no pior dos casos, nem analisam os fatos reais; apegam-se a suposições e hipóteses e daí tiram suas conclusões.

Nos treinamentos que ministro sobre RCA em diversos países, inicio o treinamento estabelecendo uma analogia entre o processo de RCA e os métodos de investigação do famoso detetive Sherlock Holmes, personagem dos livros de ficção do escritor e médico inglês Sir Arthur Conan Doyle. O primeiro livro de Conan Doyle sobre Sherlock Holmes, "Um Estudo em Vermelho" editado e publicado originalmente pela revista Beeton's Christmas Annual, em Novembro de 1887 é considerado a primeira descrição em ficção de um método científico de análise e solução de problemas.

Procuo ressaltar os pontos fundamentais da metodologia empregada pelo personagem para resolver os mais intrigantes casos criminais, os quais são, em resumo, sua marca característica e norma de conduta:

- Sherlock Holmes tinha paixão pelo conhecimento exato e preciso. (Um Estudo em Vermelho) – Isto implica em dizer que devem ser coletados dados que comprovem a hipótese antes de determinar a causa raiz numa análise.
- Acreditava que investigando 1000 crimes teria informação suficiente para solucionar o 1001º crime. (Um Estudo em Vermelho) – Examine dados de eventos similares pois estes ajudarão a aprimorar o processo de análise
- Acreditava que o mundo está repleto de coisas óbvias que ninguém, por qualquer motivo, observa. (O Cão dos Baskervilles) – Isto implica em não aceitar a primeira explicação, sem atentar para todos os detalhes.

Pode-se mencionar também algumas citações do personagem que se aplicam integralmente na Análise de Causa Raiz:

- "É um erro capital teorizar antes de se ter os dados. Insensivelmente, começa-se a distorcer os fatos para adaptá-los às teorias, em vez de fazer com que as teorias se adaptem aos fatos." – (Um Escândalo na Boêmia)
- "Dados! Dados! Preciso de dados! Não posso fazer tijolos sem barro!" – (The Adventure of the Copper Beeches)
- "Jamais arrisco um palpite. Isso é um hábito chocante... fatal para a capacidade de raciocinar logicamente." (O Signo Dos Quatro)

Ao longo da explanação sobre o processo de Análise de Causa Raiz, as semelhanças entre o mesmo e os métodos de Holmes se tornam mais evidentes.

O processo de Análise de Causa Raiz adotado mundialmente pela ABB em seus contratos de Full Service consiste dos seguintes passos:

1. Definir o problema
2. Se necessário, fazer Análise de Falhas

3. Identificar as possíveis causas
4. Verificar a(s) real(is) causa(s)
5. Propor solução para o problema
6. Implantar a solução
7. Acompanhar os resultados

### **Passo 1: Definir o problema**

Menciona-se que Albert Einstein disse que, se tivesse apenas uma hora para salvar o mundo, ele gastaria 55 minutos para definir o problema e 5 minutos para resolvê-lo. Esta citação ilustra o quanto é importante a definição do problema na busca de sua solução. Primeiramente, é importante entender que qualquer problema ou evento indesejado pode ser definido como a diferença entre a situação atual e a meta. Uma prática comum na definição do problema, que acaba por dificultar sua análise e consequente solução, é que alguns grupos escrevem um verdadeiro romance para descrever o problema e, na maioria das vezes, acabam por definir não apenas um problema mas, vários problemas na mesma descrição. Veja o exemplo abaixo:

As 9.25am da quarta-feira 2 de Novembro de 2005, enquanto a máquina ABC estava produzindo o produto XYZ em sua velocidade normal de operação, o rolamento do eixo principal falhou. Esta falha resultou em 3,2 horas de perda de produção ( $3.2 \text{ h} \times \$1000/\text{hr} = \$3200$ ). A falha também afetou o indicador de manutenção MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) que se deslocou para fora do limite máximo aceitável definido para o mesmo. Outro fato digno de nota é que a equipe de análise de vibração havia monitorado esta máquina uma semana antes do evento e não detectou anomalia.

Quantos problemas estão identificados na descrição? Pelo menos três:

1. A falha resultou em 3,2 horas de perda de produção;
2. A falha afetou o indicador de manutenção MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) que se deslocou para fora do limite máximo aceitável.
3. A equipe de análise de vibração havia monitorado esta máquina uma semana antes do evento e não detectou a anomalia.

Precisa-se entender que diferentes pessoas ou grupos terão visões diferentes diante do mesmo problema. Uma forma de se contornar esta dificuldade e chegar numa definição de consenso é fazer as seguintes simples perguntas:

1. Qual é o problema?
2. Quando aconteceu?
3. Onde aconteceu?

#### 4. Qual meta que foi impactada pelo problema?

Estas perguntas devem ser respondidas com frases curtas; um objeto e um defeito. Por exemplo: O eixo principal da máquina XYZ teve o rolamento do lado acoplado danificado.

Um conceito bastante útil, que pode ser utilizado em situações mais complexas para a detalhada caracterização do problema, é o conceito denominado 5Ps. Onde os Ps significam o seguinte:

1. Partes
2. Posição
3. Pessoas
4. Papel
5. Paradigmas

Recordando o método de investigação empregado pelo personagem Sherlock Holmes, de maneira análoga precisa-se investigar o problema, ou evento indesejado, e as evidências coletadas devem ser catalogadas sob uma das categorias acima. Esta classificação será muito útil nas etapas posteriores do processo tanto para documentação como para gerenciamento dos dados.

Para exemplificar e mantendo a analogia a uma investigação criminal, imagine que um crime ocorreu e inicia-se a investigação. Rotineiramente os policiais isolam a área onde o crime aconteceu buscando preservar intacta a cena do crime (Posição). Coletam partes que possam auxiliar na solução do caso utilizando luvas e pinças e armazenam estas partes em sacos apropriados identificados com etiquetas (Partes). Também faz parte deste processo a busca de possíveis testemunhas e consequentes entrevistas com as mesmas (Pessoas). A polícia também busca em seus arquivos informações sobre o suspeito; possíveis passagens pela polícia, envolvimento com crimes, ocupação, situação financeira, documentação, etc (Papel). Finalmente, a partir das entrevistas com observadores, esboça-se conclusões sobre a situação tais como: "O rapaz que mora nesta casa, aparentemente não trabalha nem estuda. Todas as noites vários carros param em frente a casa e simplesmente buzina, o rapaz sai da casa sorratamente e atende rapidamente e os carros arrancam em alta velocidade após poucos minutos. Acreditamos que ele seja um traficante de drogas!" (Paradigmas). Estes paradigmas que as pessoas tem sobre determinadas situações são importantes pois as mesmas acreditam neles e, desta forma, tomam decisões baseadas nos mesmos.

1. Partes: considera-se geralmente algo tangível, por exemplo:

- Amostras: do produto, água, lubrificante, resíduo, etc.

- Peças ou componentes que falharam: rolamentos, selos, flanges, componentes eletrônicos, parafusos, etc.
  - Peças em bom estado para comparação.
- 2 Posição: os dados sobre posição são em duas dimensões: o espaço físico e o tempo. Local do incidente, posição dos controles, localização da área de desgaste nas partes, posição da válvula, leitura dos instrumentos de controle, condições ambientais, local onde se encontrava o operador, hora do incidente, tempo decorrido desde o início da operação, etc.
  - 3 Pessoas: com quem se deve conversar para obter mais informações sobre o evento. Deve-se iniciar conversando com as pessoas que observaram o evento; operador, técnico de manutenção, supervisor, etc. Tipicamente pergunta-se:
    - O que, quando, como, onde você viu, ouviu, sentiu?
    - Por que você acredita que isto ocorreu?
    - O que voce acha que poderia ter sido feito para evitar que o evento ocorresse?
  - 4 Papel: esta é, provavelmente, a forma mais compreensível dos dados. Alguns exemplos típicos desta categoria:
    - Relatórios de produção
    - Ordens de Serviço de Manutenção
    - Histórico de Intervenção
    - Especificações
    - Procedimentos
    - Registros gráficos
    - Fotografias
    - Desenhos
    - Manuais
    - Vídeos
  - 5 Paradigma: para melhorar a compreensão, utiliza-se a deifinição de Joel Baker em “Discovering the Future: The Business of Paradigms”: “Paradigma é um conjunto de hábitos e regulamentos que: 1) Estabelece limites; e 2) Diz para você o que fazer para ser bem-sucedido dentro destes limites. (Sendo o sucesso medido pelos problemas que você resolve empregando estes hábitos

e regulamentos.)” Isto é, basicamente, a forma como cada indivíduo vê o mundo e reage às situações. No assunto em questão, os paradigmas emergem das entrevistas conduzidas com os indivíduos pois alguns temas são repetidos por várias pessoas. Exemplos de paradigmas:

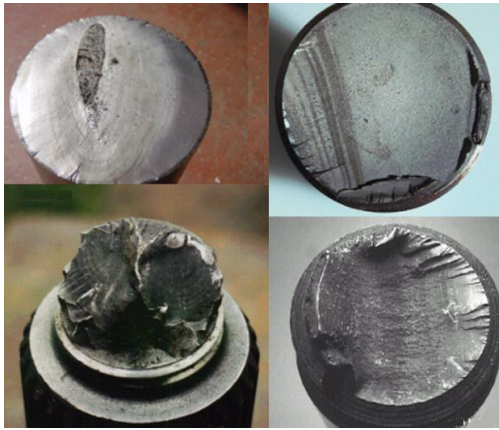
- Comportamentos repetitivos: os operadores antigos não seguem procedimentos e operam os equipamentos com base em sua experiência.
- Os operadores da sala de controle desabilitam os alarmes pois a maioria deles não tem significado prático.
- Técnicos de manutenção desativam a barreira de proteção do equipamento para intervir na máquina em funcionamento.
- “Nesta empresa o importante é produzir, se for preciso, amarre com arame ou cole com fita adesiva mas, não pare a linha de produção!”

### **Passo 2: Análise de Falhas (caso necessário)**

A Análise de Falhas é uma inspeção detalhada dos componentes danificados para determinar qual foi o mecanismo, ou modo de falha responsável pela falha. A informação de “como” o componente falhou é um importante dado para a determinação da causa raiz no processo de RCA.

Existem cinco formas ou mecanismos que levam um componente a falhar:

- 1 Sobrecarga: A aplicação de uma única carga (mecânica ou elétrica) leva o componente a deformar ou fraturar à medida que a carga é aplicada.
- 2 Fadiga: Cargas flutuantes durante um período de tempo relativamente longo provoca este tipo de falha e, na maioria das vezes, deixa pistas.
- 3 Falhas influenciadas por corrosão: A corrosão reduz substancialmente a resistência dos metais de tal forma que o mesmo resiste a outros mecanismos de falha.
- 4 Corrosão: A falha resulta da ação elétrica ou biológica da corrosão, causando a perda de material.
- 5 Desgaste: Diversos mecanismos resultam na perda de material por remoção mecânica.



### **Passo 3: Identificar as possíveis causas**

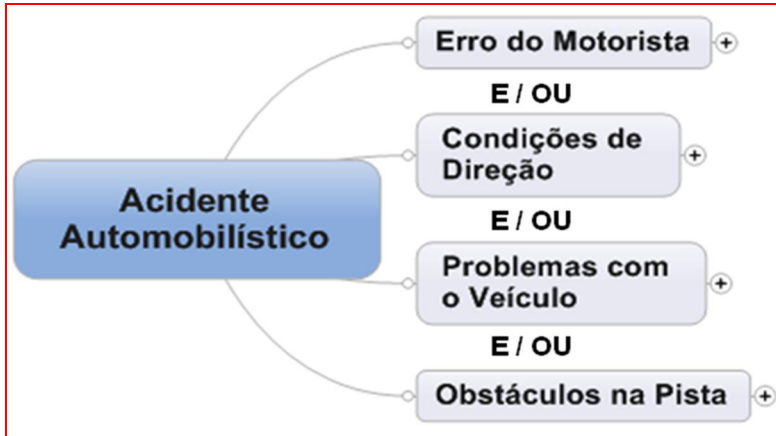
Uma das metodologias empregadas para a identificação das possíveis causas do problema é a **Árvore de Causas**, que pode ser considerada uma simplificação do método conhecido como **Análise de Árvore de Falhas** ou **FTA** (**Fault Tree Analysis**). A FTA é um método lógico quantitativo cujo objetivo é identificar as combinações das falhas nos equipamentos ou componentes de um sistema ou erros humanos que possam resultar em um evento ou acidente. A **Árvore de Causas**, por sua vez é uma análise qualitativa e não se utiliza a simbologia lógicas.

Em resumo, a elaboração da **Árvore de Causas** consiste em determinar o chamado **Evento Principal** que é o problema ou evento indesejado que está sob análise. Este bloco é extremamente importante pois ele determinará o restante da sequência da análise. Quando analisamos um equipamento, este evento é tipicamente a perda de função do mesmo.

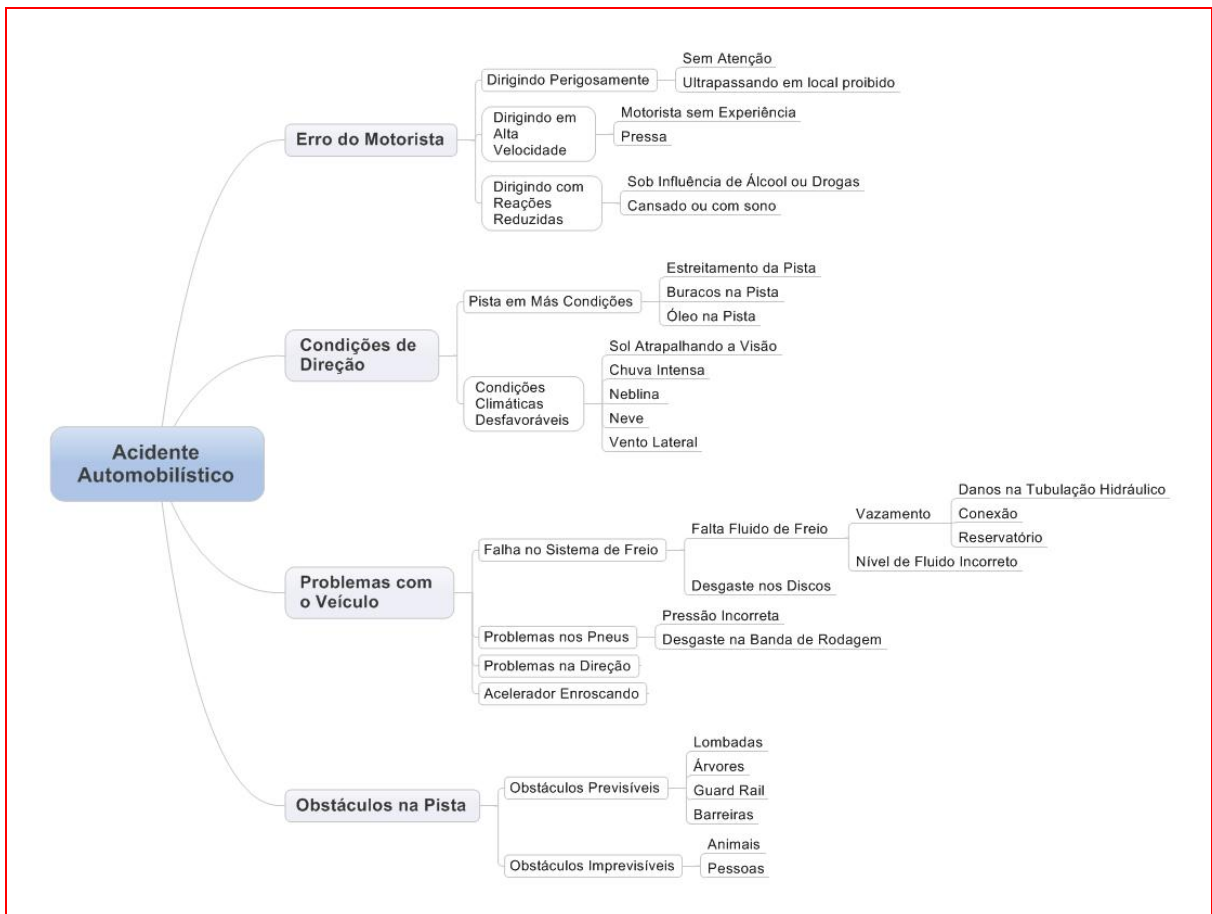
Na sequência, determina-se quais fatores imediatos podem contribuir para a ocorrência do **Evento Principal** e as possíveis interrelações entre os mesmos.

A relação entre o **Evento Principal** e seus fatores imediatos é a relação **causa-efeito**. Para exemplificar a elaboração da **Árvore de Causas**, veremos a análise de um acidente automobilístico:





O evento principal é o acidente em si e no segundo nível, são relacionadas as possíveis causas imediatas do mesmo. A partir daí, para cada uma das causas imediatas, devem ser relacionadas suas possíveis causas, ou seja cada causa imediata passa a ser um efeito. E o diagrama vai sendo expandido a tantos níveis quantos forem necessários, conforme ilustração abaixo.



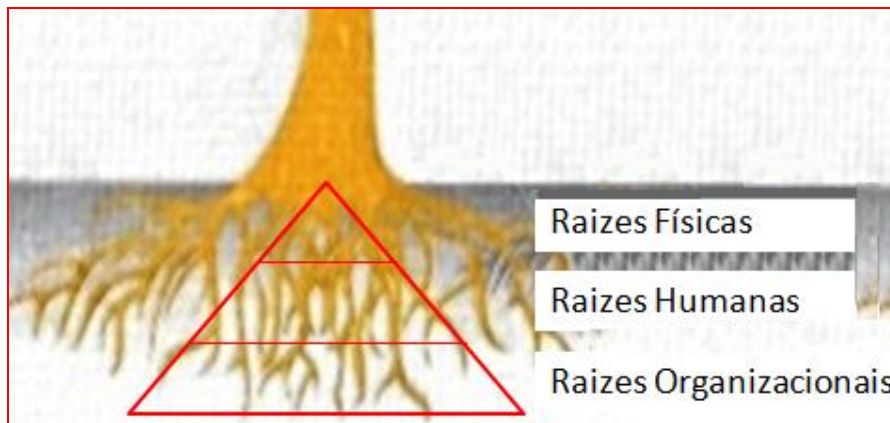
José A. Baptista: Engenheiro Eletricista; Certificado profissional de manutenção e confiabilidade pela Society for Maintenance & Reliability Professionals (SMRP) - EUA; atualmente exerce o cargo de Global Reliability Technology Manager na ABB Ltda, sendo responsável mundial por Manutenção e Confiabilidade, ligadas ao produto ABB Full Service®.

Vale observar que algumas empresas adotam apenas a metodologia “5 Por ques” para análise entendendo a relação causa / efeito como uma relação linear, onde para cada efeito existe uma única causa. Conforme exemplificado anteriormente, as relações causa / efeito podem se comportar como um sistema complexo onde multiplas causas interagem entre si.

Na determinação das raízes, para facilitar a compreensão do evento, as raízes podem ser divididas nas seguintes categorias:

- Raízes Físicas
- Raízes Humanas
- Raízes Organizacionais ou Latentes

A figura abaixo ilustra os níveis das raízes acima em relação ao evento principal, ou seja as raízes físicas são as consequências imediatas do evento; são raízes tangíveis ou os componentes danificados, por exemplo. As raízes humanas são ações que provocaram as raízes tangíveis ou dano aos componentes ou materiais e, finalmente as raízes latentes ou organizacionais são a motivação para que a ação tenha sido tomada.



As raízes físicas são as razões pelas quais os componentes ou partes falharam, por exemplo:

- Sobrecarga – erro de operação, acidente.
- Fadiga – cargas cíclicas continuadas conduzindo a uma falha do componente ou estrutura.
- Corrosão – material incorreto, processo químico, condições ambientais adversas, vazamentos.
- Desgaste – problemas diversos de lubrificação, contaminação, desalinhamento, sobrecarga, material incorreto.

- As raízes humanas podem ser entendidas como erros de decisão que vão provocar o acontecimento das raízes físicas. São erros de ação ou omissão; isto significa que alguém fez algo que não deveria ter feito ou deixou de fazer algo que deveria fazer. Exemplos:
- Memória – esquecimento
- Seleção – solicitou o componente errado, fez a escolha errada
- Discriminação – falta de informação
- Erro de operação – Não cumprir o procedimento
- Cegueira Situacional – aceitação de problemas / desvios

É preciso tomar cuidado de não confundir as raízes humanas com o termo erro humano; utilizamos o termo raiz humana para designar uma ação humana que desencadeou a ocorrência de um evento físico indesejado.

Quando a conclusão de uma análise é simplesmente erro humano, existe uma forte indicação de que a análise foi incompleta. O erro humano só diz que algo não foi feito de forma correta e que haviam pessoas envolvidas. Erro humano é uma conclusão genérica que não possibilita nenhuma ação específica para evitar a reocorrência do problema. Uma vez que a causa específica do problema não foi encontrada, as organizações escolhem as ações disciplinares como única alternativa e mantem, desta forma, um círculo vicioso.

As organizações que costumam culpar os funcionários pelos problemas causados pelos mesmos, aparentemente, parecem acreditar que agindo desta forma, estão dando um exemplo para todos e os demais funcionários serão desencorajados de cometer os mesmos erros. Na realidade, a mensagem que se transmite é: "Se você identificar um problema ou se está envolvido com algum problema que está nos impedindo de atingir nossas metas é melhor se calar pois poderá ser punido. "

Finalmente as raízes organizacionais, ou latentes podem ser entendidas como os sistemas organizacionais dos quais as pessoas se utilizam para tomar decisões . Quando os sistemas possuem falhas, as decisões tomadas a partir deles resultarão em erros . O termo latente pode ser entendido como as "consequências adversas que podem permanecer dormentes no sistema por um longo período de tempo, somente se tornando evidentes quando combinadas com outros fatores para romper as defesas do sistema". – *James Reason em Human Error*.

Alguns exemplos de raízes organizacionais:

- Falta de comprometimento dos funcionários;
- Complacência da gerência com problemas;

- Falha de comunicação;
- Tarefa não realizada pois é percebida como indesejada;
- Falta de procedimentos, documentação técnica;
- Falta de treinamento formal;
- Especificações faltantes ou incompletas;
- Incentivo incorreto;
- Utilização de ferramentas incorretas ou desgastadas;
- Prioridades incorretas;
- Falta de acesso a informação.

A ilustração seguinte, resume pontos importantes sobre a determinação das raízes:



#### **Passo 4: Verificar a(s) real(is) causa(s)**

Neste passo avalia-se cada uma das possíveis causas e busca-se a comprovação das mesmas através dos dados levantados, conforme mencionado no passo anterior.

No exemplo do acidente automobilístico, seria necessário verificar o estado do motorista, as condições da pista, avaliar as condições do veículo, entrevistar testemunhas para obter mais detalhes como as condições meteorológicas, velocidade do veículo, etc.

Descartadas as hipóteses que não se comprovaram, restarão as reais causas do evento.

“Quando você elimina o impossível, o que restar, não importa o quão improvável, deve ser a verdade.” – (O Cão dos Baskervilles - Sherlock Holmes)

No caso de equipamentos, a elaboração deste tipo de análise poderá também servir como ferramenta de treinamento para manutenção ou mesmo um guia para correção de problemas (troubleshooting).

### **Passo 5: Propor solução para o problema**

Nesta etapa do processo identifica-se possíveis soluções para cada causa individual encontrada na análise mencionada anteriormente. É importante verificar se cada uma das soluções além de prevenir a recorrência do problema não cria novos problemas. Deverão ser avaliada a facilidade de implantação da solução e o investimento necessário (análise de custo/benefício).

### **Passos 6 e 7: Implantação da solução e acompanhamento dos resultados**

Todo o processo desenvolvido até este ponto será totalmente inútil se a implementação da solução não se efetivar. Sugere-se que:

- Seja elaborado plano completo com todas as ações previstas;
- Este plano deve definir prazos, recursos e responsáveis para todas as ações;
- As tarefas maiores deverão ser divididas em menores ações;
- Não se deve planejar muitas ações simultaneamente ou para um único responsável;
- Uma ação devidamente implantada é mais valiosa que dez ações previstas no plano.
- Deve-se verificar onde mais a falha identificada (ou problema) poderia ocorrer e a possibilidade de estender a solução encontrada.

O processo de análise da causa raiz objetiva a eliminação completa do problema evitando sua reincidência. A reincidência, em qualquer tempo, demonstra que o processo foi ineficaz por uma das possíveis causas:

- Erros na determinação da causa raiz;
- Erros na determinação das ações para a eliminação da causa raiz;

- Erros na determinação dos parâmetros para monitoramento dos resultados.

### **Resistência à implantação da Análise de Causa Raiz**

Para conseguir obter sucesso através da utilização da Análise de Causa Raiz, é preciso estar preparado para vencer os possíveis obstáculos que as pessoas colocam tentando impedir sua implantação. Segue uma lista com alguns dos argumentos que frequentemente as pessoas utilizam para justificar sua atitude:

- É um processo burocrático que toma muito tempo
- É um processo caro
- É só mais uma “moda” passageira...
- É uma forma de encontrar e punir culpados
- Só se aplica aos eventos graves e realmente importantes
- É uma ferramenta apenas dos engenheiros de confiabilidade
- Já tentamos outras vezes e não funcionou
- Já temos programas de qualidade suficientes

Estes argumentos, todavia, são facilmente contestados. Por exemplo, para aqueles que justificam a não realização da Análise de Causa Raiz em função do tempo consumido no processo, basta lembrá-los que se eles não tem tempo para a Análise vão precisar arranjar mais tempo e recursos para cuidar da repetição continua dos eventos indesejados que vão deixar de evitar.

### **Referências**

Latino, Robert & Latino, Kenneth, Root Cause Analysis, 3rd. Edition, CRC Press, USA, 2006

Eckert, Chris, Apollo Análise de Causa de Raiz (RCA) - Um Sumário, artigo editado em março de 2005, Apollo South America Ltda., [www.apollorca.com](http://www.apollorca.com)

US Department of Energy, DOE-NE-STD-1004-92 Root Cause Analysis Guidance Document, February, 1992