



## **TERMINOLOGIA PARA ENVELHECIMENTO DE SISTEMAS, ESTRUTURAS E COMPONENTES**

### **Roberto Francisco Di Lorenzo**

CDTN/CNEN, Rua Prof. Mário Werneck, s/n, Cidade Universitária, Pampulha, Caixa Postal 941, CEP 30123-970, Belo Horizonte, Minas Gerais, e-mail: rfl@cdtn.br

### **Julio Ricardo Barreto Cruz**

CDTN/CNEN, Rua Prof. Mário Werneck, s/n, Cidade Universitária, Pampulha, Caixa Postal 941, CEP 30123-970, Belo Horizonte, Minas Gerais, e-mail: jrbc@cdtn.br

### **Wellington Antonio Soares**

CDTN/CNEN, Rua Prof. Mário Werneck, s/n, Cidade Universitária, Pampulha, Caixa Postal 941, CEP 30123-970, Belo Horizonte, Minas Gerais, e-mail: soaresw@cdtn.br

***Resumo.** O objetivo do presente trabalho é apresentar uma proposta de uma terminologia comum, em Português, para o entendimento e o gerenciamento do envelhecimento de sistemas, estruturas e componentes de instalações industriais. Além de uma relação de termos, com definições e alguns exemplos, apresentam-se diagramas e uma lista de idéias chaves para esclarecer a terminologia.*

***Palavras-chave:** estruturas, componentes, gerenciamento de envelhecimento, gerenciamento de vida, terminologia*

## **1. INTRODUÇÃO**

Com o aumento das atividades relacionadas à extensão da vida em serviço de instalações industriais em geral, mais atenção tem sido dada a possíveis interpretações equivocadas da degradação por envelhecimento de sistemas, estruturas ou componentes (SECs).

A indústria nuclear pode ser considerada pioneira no desenvolvimento de metodologias para gerenciamento de envelhecimento de SECs e, reconhecendo a importância de uma comunicação clara nesta área, a Agência de Energia Nuclear (NEA) da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), em cooperação com a Comissão da Comunidade Européia (CEC) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), juntamente com representantes da indústria, desenvolveram um vocabulário uniforme dos termos relativos a envelhecimento (NEA, 1999). Uma terminologia comum de envelhecimento permitirá melhorar o entendimento dos fenômenos de envelhecimento, facilitará os registros de dados de falha relevantes de centrais nucleares e promoverá interpretações uniformes de normas e regulamentos sobre envelhecimento.

A terminologia proposta pela NEA-CEC-AIEA tem sido traduzida do inglês, para diferentes línguas (alemão, espanhol, francês, russo), e toma por base uma publicação do Electric Power Research Institute (EPRI, 1993). Ao se preparar uma versão em Português para tal terminologia, constatou-se a necessidade e a importância de submetê-la previamente a discussões e críticas da comunidade técnico-científica brasileira envolvida com as áreas de integridade estrutural e gerenciamento de vida e de envelhecimento de SECs, levando em conta que a grande maioria dos termos utilizados são comuns a diferentes indústrias que têm interesse no assunto. Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar uma proposta de uma terminologia comum para o entendimento e

o gerenciamento do envelhecimento de sistemas, estruturas e componentes de instalações industriais.

Inicialmente, na Tab. (1), é mostrado um quadro com os principais termos relacionados a envelhecimento listados por categoria. Em seguida, na Seção 2, é apresentado o glossário de termos, em ordem alfabética, com definições e exemplos. Concluindo, na Seção 3, são descritas idéias-chaves e apresentados alguns diagramas que ajudam a esclarecer a terminologia de envelhecimento.

Tabela 1. Principais termos comuns de envelhecimento listados por categoria

<b>DEGRADAÇÃO</b>	
<b>CAUSAS DE DEGRADAÇÃO</b>	<b>DEGRADAÇÃO/ENVELHECIMENTO</b>
Condição: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condições de serviço</li> <li>• Condições de pré-serviço</li> <li>• Condições ambientais</li> <li>• Condições funcionais</li> <li>• Condições de operação</li> <li>• Condições normais</li> <li>• Condições induzidas por erro</li> <li>• Evento base de projeto</li> <li>• Condições de evento base de projeto</li> <li>• Condições de projeto</li> </ul> Agente de degradação: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente degradador normal</li> <li>• Agente degradador induzido por erro</li> <li>• Agente degradador de evento base de projeto</li> </ul>	Característica Condição: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condição degradada</li> </ul> Envelhecimento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Envelhecimento natural</li> <li>• Envelhecimento prematuro</li> <li>• Envelhecimento normal</li> <li>• Envelhecimento artificial</li> <li>• Envelhecimento acelerado</li> <li>• Condicionamento à idade</li> </ul> Mecanismo de envelhecimento Efeitos de envelhecimento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efeitos combinados</li> <li>• Efeitos simultâneos</li> <li>• Efeitos sinérgicos</li> </ul> Degradação: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradação por envelhecimento</li> <li>• Degradação normal por envelhecimento</li> <li>• Degradação por envelhecimento induzida por erro</li> </ul> Avaliação de envelhecimento
<b>CICLO DE VIDA</b>	
<b>VIDA</b>	<b>FALHA</b>
Idade Tempo de serviço Vida: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida instalada</li> <li>• Vida em serviço</li> <li>• Vida restante</li> <li>• Vida de projeto</li> <li>• Vida restante de projeto</li> <li>• Vida qualificada</li> </ul> Aposentadoria	Falha: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha degradada</li> <li>• Falha completa</li> <li>• Falha aleatória</li> <li>• Falha por causa comum</li> <li>• Falha por modo comum</li> <li>• Falência estrutural</li> </ul> Causa de falha: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Causa origem</li> <li>• Mecanismo de falha</li> <li>• Modo de falha</li> </ul> Análise de falha: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de falha</li> <li>• Análises dos modos de falha e seus efeitos</li> <li>• Tendência de falha</li> </ul> Tempo médio entre falhas
<b>GERENCIAMENTO DE ENVELHECIMENTO</b>	
<b>Manutenção</b>	<b>Avaliação de Condição</b>
Gerenciamento de envelhecimento Gerenciamento de vida Manutenção: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção preventiva</li> <li>• Manutenção periódica</li> <li>• Manutenção planejada</li> <li>• Manutenção corretiva</li> </ul> Reparo Renovação Reconstrução Substituição Fornecer manutenção Testes pós manutenção Retrabalho	Manutenção preditiva Inspeção em serviço Teste em serviço Fiscalização periódica - “surveillance” Requisitos de fiscalização periódica - “requisitos de surveillance” Monitoração de condição Indicador de condição Indicador funcional Teste Diagnóstico Critério de aceitação

## 2. GLOSSÁRIO DE TERMOS

**agente degradador** agente ou estímulo originário das condições de pré-serviço ou de serviço e que pode produzir degradação imediata ou degradação por envelhecimento de um SEC.

- Exemplos: calor, radiação, umidade, vapor, produtos químicos, pressão, vibração, movimento sísmico, ciclagem (oscilação) elétrica, ciclagem (oscilação) mecânica;

**agente degradador de evento base de projeto** agente degradador que deriva de evento base de projeto e pode produzir degradação imediata ou degradação por envelhecimento além daquela que seria produzida por agentes degradadores normais;

**agente degradador induzido por erro** agente degradador originário das condições induzidas por erros e que pode produzir degradação imediata ou degradação por envelhecimento além da que seria produzida por agentes degradadores normais;

**agente degradador normal** agente degradador originário das condições normais e que pode produzir mecanismos e efeitos de envelhecimento em um SEC;

**análise de causa fundamental** sinônimo de *análise de falha*;

**análise de falha** processo sistemático de determinação e documentação do modo, mecanismo, causas e causa origem de falha de um SEC;

**aposentadoria** retirada final de serviço de um SEC;

**avaliação de diagnóstico** sinônimo de *diagnóstico*;

**avaliação de envelhecimento** análise adequada da informação para determinar os efeitos de envelhecimento sobre a capacidade corrente e futura dos SECs para funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**avaliação de falha** conclusão obtida a partir da análise de falha;

**avaliação de vida** sinônimo de *avaliação de envelhecimento*;

**característica** propriedade ou atributo de um SEC (tal como forma, dimensão, peso, indicador de condição, indicador funcional, desempenho, ou propriedade mecânica, química ou elétrica);

**causa comum de falha** duas ou mais falhas devidas a uma única causa;

**causa de falha** circunstâncias durante o projeto, fabricação, teste ou uso que tenha levado à falha;

**causa fundamental** razão(ões) fundamental(is) para uma condição observada de um SEC que, se corrigida, previne a recorrência da condição;

**colapso** sinônimo para *falha completa*;

**condição (1)** estado físico ou efeito nas proximidades que pode afetar um SEC;

**condição (2)** estado ou nível de características de um SEC que pode afetar sua capacidade de executar uma função projetada;

**condição degradada** condição mínima aceitável de um SEC, que não tenha sofrido falha, que possa conduzir a uma decisão de se fazer manutenção planejada;

**condicionamento de idade** simulação dos efeitos naturais de envelhecimento em um SEC pela aplicação de qualquer combinação de envelhecimento artificial e natural;

**condições ambientais** estados físicos do ambiente em torno de um SEC;

- Exemplos: temperatura, radiação e umidade na contenção durante operação normal ou de acidente;

**condições da base de projeto** sinônimo de *condições de projeto*;

**condições funcionais** influências sobre um SEC resultante do desempenho das funções de projeto (operação de um sistema ou componente e carregamento de uma estrutura);

- Exemplos: para uma válvula de teste – ciclos operacionais e trepidação; para uma válvula de alívio do vaso do reator – pressão do refrigerante do reator, altas velocidades de fluxo e aumento de temperatura do refrigerante do reator;

**condições de operação** condições de serviço, incluindo condições normais e induzidas por erro, antes do início de um acidente base de projeto ou vento, terremoto e outras cargas dinâmicas;

**condições de operação em serviço** sinônimo de *condições de operação*;

**condições de pré-serviço** estado físico ou influências reais sobre um SEC antes da operação inicial (e.g. fabricação, armazenamento, transporte, instalação e testes pré-operacionais);

**condições de projeto** condições de serviço especificadas para um SEC de acordo com regras e diretrizes existentes, que são normalmente incluídas nas especificações técnicas (geralmente incluem margem de segurança além das condições de serviço esperadas);

**condições de serviço** estado físico ou influências reais durante a vida em serviço de um SEC, incluindo condições de operação (normal e induzidas por erro), condições de evento base de projeto e condições após evento base de projeto;

**condições de serviço de projeto** sinônimo de *condições de projeto*;

**condições do evento base de projeto** condições de serviço produzidas pelo evento base de projeto;

**condições induzidas por erro** condições adversas de pré-serviço ou de serviço produzidas por erros no projeto, fabricação, instalação, operação ou manutenção;

**condições normais** condições de operação de um SEC adequadamente projetado, fabricado, instalado, operado e mantido, excluindo condições de evento base de projeto;

**condições normais de operação** sinônimo de *condições normais*;

**condições operacionais** sinônimo de *condições funcionais*;

**critério de aceitação** limite especificado de um indicador funcional ou de condição utilizado para avaliar a capacidade de um SEC em executar sua função de projeto;

**degradação** deterioração imediata ou gradual das características de um SEC, que pode prejudicar sua capacidade de funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**degradação por envelhecimento** efeitos de envelhecimento que poderiam prejudicar a capacidade de um SEC de funcionar dentro dos critérios de aceitação.

- Exemplos: redução no diâmetro pelo desgaste de um eixo girante, perda na resistência do material por fadiga ou envelhecimento térmico, inchamento de compostos encapsulados, e perda de resistência dielétrica ou trincamento de isolamento;

**degradação por envelhecimento induzida por erro** degradação por envelhecimento provocada por condições induzidas por erro;

**degradação por envelhecimento normal** degradação por envelhecimento provocada por condições normais;

**degradação relacionada a idade** sinônimo de *degradação por envelhecimento*;

**deterioração** sinônimo de *degradação*;

**diagnóstico** exame e avaliação de dados para determinar a condição de um SEC ou as causas da condição;

**efeitos combinados** alterações resultantes nas características de um SEC produzidas por dois ou mais agentes degradadores;

**efeitos de envelhecimento** alterações resultantes nas características de um SEC que ocorrem com o tempo ou uso e são devidas à mecanismos de envelhecimento.

- Exemplos: efeitos negativos- veja *degradação por envelhecimento*; efeitos positivos – aumento da resistência do concreto com a cura, redução de vibração pelo desgaste de partes girantes de uma máquina;

**efeitos simultâneos** efeitos combinados da ação de agentes degradadores atuando simultaneamente;

**efeitos sinérgicos** parcela de alterações nas características de um SEC produzidas somente pela interação de agentes degradadores atuando simultaneamente, diferentemente de uma alteração produzida pela superposição de cada agente degradador atuando de forma independente;

**ensaio** observação ou medida de indicadores de condição sob condições controladas para verificar que um SEC, na sua condição atual, está em conformidade com os critérios de aceitação;

**envelhecimento** (substantivo) processo geral no qual características de um SEC são gradualmente modificadas com o tempo ou uso;

**envelhecimento acelerado** envelhecimento artificial no qual a simulação do envelhecimento natural se aproxima, em curto período, dos efeitos de envelhecimento em condições de serviço de longa duração (veja também envelhecimento prematuro);

**envelhecimento artificial** simulação dos efeitos de envelhecimento natural nos SECs pela aplicação de agentes degradadores, representando as condições de pré-serviço e de serviço da planta, mas talvez com diferentes intensidade, duração e maneira de aplicação;

**envelhecimento natural** envelhecimento de um SEC que ocorre sob condições de pré-serviço ou de serviço, incluindo condições induzidas por erro;

**envelhecimento normal** envelhecimento natural livre de erros em condições de pré-serviço ou de serviço;

**envelhecimento prematuro** envelhecimento em serviço que acontece a taxas mais rápidas que aquela esperada;

**evento base de projeto** evento especificado para estabelecer um desempenho confiável de funções normais de operação e, por meio de análise de segurança determinística, de funções dos SECs relacionadas à segurança; os eventos incluem transientes previstos, acidente base do projeto, eventos externos e fenômenos naturais;

**falência estrutural** falha produzida por um mecanismo de envelhecimento;

**falha** incapacidade ou interrupção da capacidade de um SEC de funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**falha aleatória** qualquer falha cuja causa ou mecanismo, ou ambos, torna seu momento de ocorrência imprevisível;

**falha completa** falha na qual existe uma perda completa de função;

**falha degradada** falha na qual o indicador funcional não atende um critério de aceitação, mas a função de projeto não é perdida completamente;

**fiscalização periódica - “surveillance”** monitoração contínua das condições de uma planta durante a operação ou desligamento;

**gerenciamento de envelhecimento** ações de engenharia, operação e manutenção para controlar, dentro de limites aceitáveis, a degradação por envelhecimento e a falência estrutural de SECs.

- Exemplos de ações de engenharia: projeto, qualificação e análise de falhas;
- Exemplos de ações de operação: fiscalização periódica - “surveillance”, realizar procedimentos operacionais dentro de limites especificados e fazer medidas ambientais;

**gerenciamento de vida** integração do gerenciamento de envelhecimento e planejamento econômico para: (1) otimizar a operação, manutenção e vida em serviço de SECs; (2) manter um nível aceitável de desempenho e segurança; e (3) maximizar o retorno de investimento ao longo da vida em serviço de uma central nuclear;

**gerenciamento do ciclo de vida** sinônimo de gerenciamento de vida;

**idade** (substantivo) período entre a fabricação de um SEC até um determinado instante de tempo;

**indicador de condição** característica que pode ser observada, medida ou passível de ser inferida ou indicar diretamente a capacidade corrente ou futura de um SEC de funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**indicador de performance** sinônimo de indicador funcional;

**indicador funcional** indicador de condição que é uma indicação direta da capacidade corrente de um SEC de funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**inspeção em serviço** métodos e ações para assegurar a integridade estrutural e de retenção de pressão dos componentes relacionados à segurança de uma central nuclear;

**manutenção** conjunto de ações diretas e de apoio para detectar, impedir ou minimizar a degradação de um SEC em funcionamento, ou para restaurar, para um nível aceitável, as funções de projeto de um SEC que tenha sofrido falha;

**manutenção corretiva** ações para restaurar, por reparo, reconstrução ou substituição, a capacidade de um SEC, que tenha sofrido falha, de funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**manutenção periódica** forma de manutenção preventiva consistindo de serviços de reparo, substituição de partes, fiscalização periódica - “surveillance” ou ensaios em intervalos predeterminados de tempo cronológico, de tempo de operação ou de número de ciclos;

**manutenção planejada** forma de manutenção preventiva consistindo de renovação ou substituição que seja programada e realizada antes que ocorra uma degradação prevista e inaceitável de um SEC;

**manutenção preditiva** forma de manutenção preventiva feita continuamente ou em intervalos governados pelas condições observada, para monitorar, diagnosticar ou direcionar indicadores funcionais ou de condição de um SEC; os resultados indicam a capacidade funcional corrente e futura ou a natureza e o programa para manutenção planejada;

**manutenção preventiva** ações que detectam, impedem, ou minimizam a degradação de um SEC, para manter ou estender sua vida útil pelo controle da degradação e falhas a um nível aceitável; existem três tipos de manutenção preventiva: periódica, preditiva e planejada;

**mau funcionamento** sinônimo de falha;

**mecanismo de envelhecimento** processo específico que gradualmente muda as características de um SEC com o tempo ou uso.

- Exemplo: cura, desgaste, fadiga, fluência, erosão, incrustação microbiológica, corrosão, fragilização e reações químicas ou biológicas;

**mecanismo de falha** processo físico que resulta na falha.

- Exemplos: trincamento do isolamento fragilizado de um cabo (relacionado a envelhecimento); um objeto obstruindo o fluxo (não relacionado a envelhecimento);

**modo comum de falha** duas ou mais falhas da mesma maneira ou modo devido a uma única causa;

**modo de falha** a maneira ou estado no qual um SEC falha.

- Exemplos: emperrada aberta (válvula), curto circuito para terra (cabo), travamento de mancal (motor), vazamento (válvula, vaso ou contenção), interrupção de fluxo (tubo ou válvula), falha em produzir sinal para a queda das barras de controle (sistema de proteção de reatores) e trinca ou quebra (estrutura);

**modos de falha e análise de efeito** processo sistemático para determinação e documentação dos possíveis modos de falha e seus efeitos no SECs;

**monitoração de condição** observação, medida ou interpretação da tendência de condições ou indicadores funcionais em relação a algum parâmetro independente (usualmente tempo ou ciclos) para indicar a capacidade presente ou futura de um SEC funcionar dentro dos critérios de aceitação);

**pré-condicionamento** sinônimo de condicionamento de idade;

**recondicionamento** sinônimo de reconstrução;

**reconstrução** (substantivo) reparo extensivo, renovação ou ambos;

**renovação** ações planejadas para melhorar as condições de um SEC que não tenha sofrido falha;

**reparo** ações para retornar um SEC que sofreu falha para uma condição aceitável;

**requisitos de fiscalização periódica - “requisitos de surveillance”** teste, calibração ou inspeção para assegurar que a qualidade necessária dos sistemas e componentes seja mantida, que a operação

da instalação se dará dentro de limites de segurança e que as condições limites de operação serão atendidas (usado apenas quando regulamentos específicos e aspectos legais são exigidos);

**retrabalho** correção de fabricação, instalação ou manutenção inadequadamente realizadas;

**serviços de manutenção** ações de rotina (incluindo limpeza, ajustes, calibração e substituição de consumíveis) para manter ou estender a vida útil de um SEC;

**substituição** remoção de um SEC (ou de uma parte dele) não degradado, degradado ou que tenha sofrido falha e instalação de outro em seu lugar, que possa funcionar dentro dos critérios originais de aceitação;

**tempo de vida** sinônimo de vida;

**tempo em serviço** tempo entre a operação inicial de um SEC e um tempo estabelecido;

**tempo médio entre falhas** média aritmética dos tempos de operação entre falhas de um item;

**tendência de condição** sinônimo de monitoração de condição;

**tendência de falha** registro, análise e extrapolação de falhas em operação de um SEC em relação a algum parâmetro independente ( usualmente tempo ou ciclos);

**teste de pós manutenção** teste após a manutenção para verificar se a manutenção foi feita corretamente e se o SEC pode funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**teste em serviço** um teste para determinar a prontidão de operação de um componente ou sistema;

**testes de fiscalização periódica - “testes de surveillance”** sinônimo de fiscalização periódica - “surveillance”, requisitos de fiscalização periódica - “requisitos de surveillance” e testes (usado somente quando regulamentos específicos e aspectos legais são exigidos);

**vida** período entre a fabricação e a aposentadoria de um SEC;

**vida de projeto** período durante o qual espera-se que um SEC possa funcionar dentro dos critérios de aceitação;

**vida de serviço** período real entre a operação inicial e a aposentadoria de um SEC;

**vida em serviço** sinônimo de vida de serviço;

**vida instalada** período entre a instalação e a aposentadoria de um SEC;

**vida qualificada** período para o qual tenha sido demonstrado, através de testes, análise ou experiência, que um SEC é capaz de funcionar dentro dos critérios de aceitação durante condições de operação especificadas, mantendo sua capacidade de executar suas funções de segurança em caso de um acidente base de projeto ou vento, terremoto e outras cargas dinâmicas;

**vida residual** sinônimo de vida restante;

**vida restante** período real entre um tempo estabelecido e a aposentadoria de um SEC;

**vida restante de projeto** período entre um determinado tempo e a aposentadoria planejada de um SEC;

**vida restante de serviço** sinônimo de vida restante;

**vida útil** sinônimo de vida de serviço;

**vida útil restante** sinônimo de vida restante;

### 3. IDÉIAS CHAVES DA TERMINOLOGIA DE ENVELHECIMENTO

#### Causas de Degradação

- **Condições de serviço** são todas as condições reais que influenciam um SEC. Elas abrangem **condições de operação** (incluindo **condições normais e condições induzidas por erro** assim como transientes previstos) e condições de acidente.
- **Condições de projeto** são condições hipotéticas geralmente especificadas para incluir uma margem de conservadorismo superior às reais condições de serviço esperadas.

## Vida

- **Vida de serviço** é o período real em que um SEC fornece serviço útil. Isto pode diferir da vida em serviço esperada, i.e., **vida projetada**.
- A **idade** de um SEC (medida a partir de sua época de fabricação) pode diferir do seu **tempo em serviço** (medido a partir da operação inicial do SEC).

## Degradação/Envelhecimento

- **Degradação** é gradual (envelhecimento) ou imediata (não relacionada a envelhecimento).
- **Degradação por envelhecimento** é produzida pelas **condições de operação**, incluindo as **condições ambientais**, tais como temperatura e radiação, e as **condições funcionais**, tais como movimento relativo entre partes. Condições de operação produzem **agentes degradadores normais** ou **agentes degradadores induzidos por erro**.
- **Evento base de projeto** inclui transientes previstos durante a operação da planta (que possa contribuir para o **envelhecimento**) e acidentes base de projeto, ventos, terremotos e outras cargas dinâmicas (que possam produzir **degradação** imediata, não relacionada a envelhecimento).
- Uma **condição degradada** é aceita com reserva, mas não é uma **falha**. Em uma **falha degradada**, os **critérios de aceitação** sobre uma condição ou indicador de desempenho não são atendidos, mas existe uma função parcial. Numa **falha completa** não existe nenhuma função.

## Falha

- **Falha** é usualmente produzida por uma cadeia seqüencial de causas, e não por uma única causa. **Falência estrutural** é uma falha cuja última causa é um **mecanismo de envelhecimento**. A **causa fundamental** pode não ser aquele mecanismo de envelhecimento.
- **Envelhecimento prematuro** pode causar **falha** em serviço de um SEC. O termo **envelhecimento acelerado** deve ser reservado para o **envelhecimento artificial**, usualmente realizado em laboratório.
- **Análise de falha** identifica as **causas de falha**, o **mecanismo de falha** e o **modo de falha**. Cada um desses termos tem um significado diferente. A **causa fundamental** da **degradação por envelhecimento induzida por erro** e a conseqüente falha não é **envelhecimento**, mas sim erro humano.

## Manutenção/Avaliação de Condição

- **Manutenção** é um termo amplo que inclui **manutenção corretiva** e **manutenção preventiva**. **Manutenção** pode ser feita por pessoal de manutenção, de engenharia ou de operação. **Manutenção preventiva** inclui **manutenção preditiva** tais como **fiscalização periódica** - “surveillance”, **testes** e **monitoração de condição**.
- **Reparo** é feito apenas em um SEC que falhou; **renovação** é feita apenas em um SEC que não falhou. Uma **reconstrução** é um reparo extensivo e/ou renovação.

A Figura (1) mostra as relações entre causas, mecanismos e efeitos de envelhecimento. A Figura (2) estabelece uma relação entre os termos que descrevem eventos ao longo da vida de um SEC.

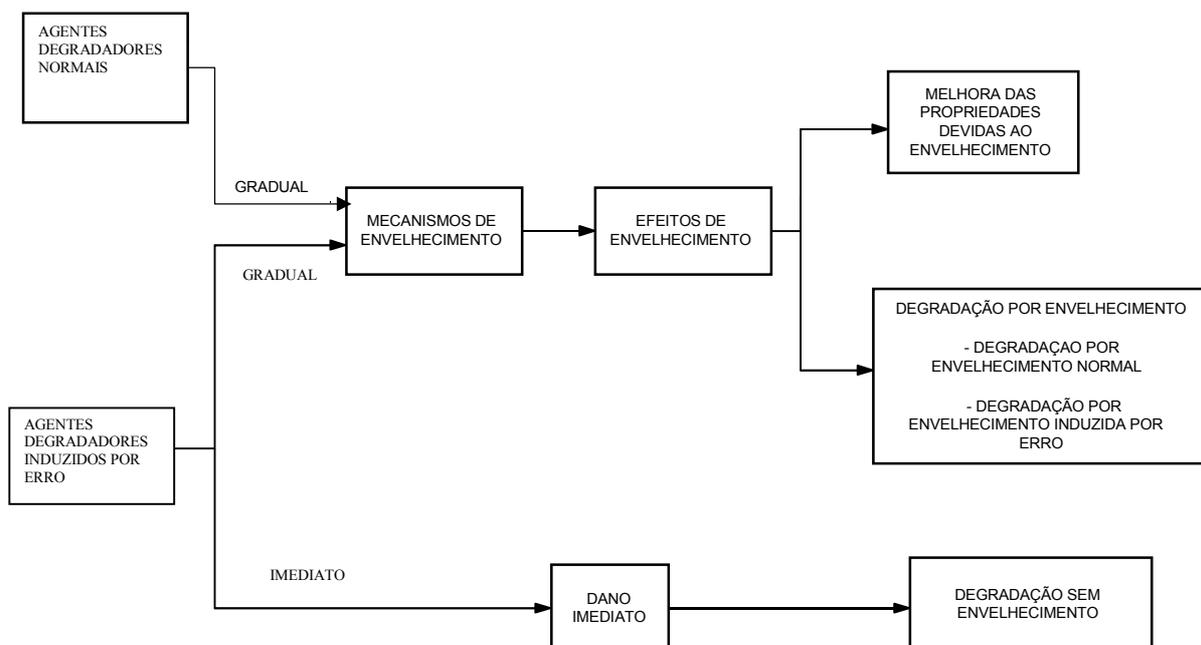


Figura 1. Relações entre causas, mecanismos e efeitos de envelhecimento

Nota: Estes termos definem os marcos reais na história passada ou futura de um sistema, estrutura ou componente. os termos sinônimos são colocados entre parênteses.

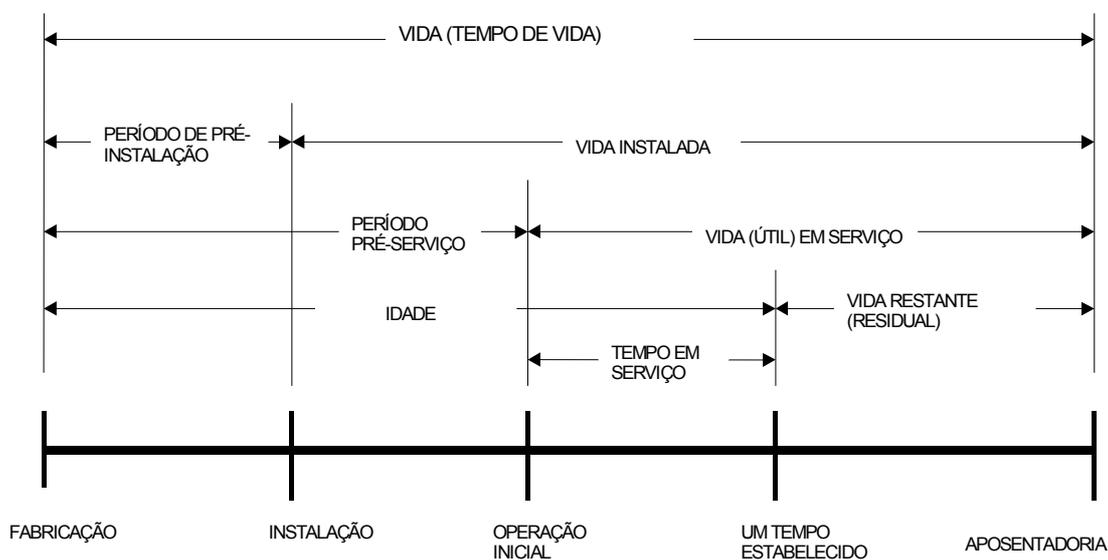


Figura 2. Relações entre termos descrevendo eventos ao longo da vida real de um SEC

#### 4. REFERÊNCIAS

Common Aging Terminology – EPRI – Electric Power Research Institute, Inc., February, 1993.  
 Glossary of Nuclear Power Plant Ageing – Nuclear Energy Agency (NEA), Organization for Economic Co-operation and Development – OECD – International Atomic Energy Agency, 1999.

# TERMINOLOGY FOR AGING OF SYSTEMS, STRUCTURES AND COMPONENTS

**Roberto Francisco Di Lorenzo**

CDTN/CNEN, Rua Prof. Mário Werneck, s/n, Cidade Universitária, Pampulha, Caixa Postal 941, CEP 30123-970, Belo Horizonte, Minas Gerais, e-mail: rfl@cdtn.br

**Julio Ricardo Barreto Cruz**

CDTN/CNEN, Rua Prof. Mário Werneck, s/n, Cidade Universitária, Pampulha, Caixa Postal 941, CEP 30123-970, Belo Horizonte, Minas Gerais, e-mail: jrbc@cdtn.br

**Wellington Antonio Soares**

CDTN/CNEN, Rua Prof. Mário Werneck, s/n, Cidade Universitária, Pampulha, Caixa Postal 941, CEP 30123-970, Belo Horizonte, Minas Gerais, e-mail: soaresw@cdtn.br

***Abstract.** The objective of this work is to propose a common aging terminology for understanding and managing the aging of systems, structures and components of industrial plants. A list of terms is presented, with definitions and a few examples. In addition, a list of key ideas and diagrams are included to help clarify the terminology.*

***Keywords:** structures, components, aging management, life management, terminology*