

Ferramenta Gerencial aplicada à Manutenção considerando os Fatores Humanos – Redução de retrabalho em Bombas Centrífuga

Carla Graciella dos Santos Soares, MSc. Celso Luiz Santiago Figueirôa Filho, DSc. Robson da Silva
Magalhães

Universidade Federal da Bahia

Roberto Barbosa Gomes

1. INTRODUÇÃO

Diante da atual competitividade no setor industrial e da importância da manutenção como uma das atividades fundamentais do setor produtivo, surge a necessidade de uma abordagem estratégica e proativa no planejamento, na programação e na execução das atividades de manutenção. Com o aumento dessa competitividade global, a redução de custos de produção é fator primordial para a viabilização do negócio, assim a manutenção adquire valor estratégico. Reduzir custos passa diretamente por aumentar a eficácia.

A disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e dos serviços, e consequentemente das unidades de produção são conceitos cada vez mais presentes e caracterizam os principais indicadores de desempenho da equipe, métodos e estratégia da manutenção. No entanto, essa manutenção deve estar ligada a fatores humanos, já que não existem serviços realizados sem uma intervenção humana.

Segundo Oliveira [1], hoje a manutenção não significa mais consertar um equipamento com defeito ou irregularidades, mas sim garantir a disponibilidade dos equipamentos, com confiabilidade e segurança, minimizando os custos. Conforme Seixas [2] as atividades da manutenção industrial englobam a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou restabelecer um item para um estado no qual possa desempenhar sua função requerida.

As consequências da baixa confiabilidade em operações de manutenção podem ser tão simples como a produção atrasada ou tão graves como a perda de muitas vidas. A alta frequência de falhas atribuídas ao homem é expressiva [3], no entanto, a maioria das investigações de falhas ligadas a fatores humanos se dá na área da aviação e da indústria de energia nuclear. Na nossa literatura, os fatores humanos abordados na indústria petroquímica são pouco estudados, o que torna relevante o objetivo desse artigo na compreensão do cenário atual e futuro dessa abordagem.

A ferramenta gerencial, aplicada nesse caso em estudo, tem sua implementação focada na avaliação da influência dos fatores humanos nos serviços executados, principalmente sobre três aspectos:

- a natureza da tarefa e sua adequação as condições de execução pelo técnico.
- a avaliação do nível de qualificação técnica do indivíduo em cada uma das competências necessárias à execução.
- a comunicação entre a empresa e seu corpo técnico através das instruções de serviços e formulários de avaliação.

Antonovsky et al. [3] investigam os fatores humanos contribuintes para melhorar a nossa compreensão dos mesmos. Em seu trabalho, eles destacam a alta frequência de falhas atribuídas a problemas de comunicação organizacional com o pessoal de manutenção, destacando os procedimentos técnicos como sendo uma forma específica de comunicação organizacional e uma base para o sucesso ou o fracasso das atividades realizadas. A comunicação está também destacada por Dhillon [4] como um dos fatores institucionais que levam ao aumento do número de erros em serviços de manutenção.

Existem na literatura, diversas técnicas para a quantificação da influência do fator humano sobre os serviços de manutenção e para a predição probabilística de ocorrência de erros. Algumas das principais técnicas são detalhadas no trabalho de Figuerôa [5]. Noroozi [6] chama a atenção para o monitoramento dessa probabilidade de erro, para seu efeito sobre a falha do sistema, e os meios para gerir e reduzir a falha.

2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este artigo tem por objetivo apresentar uma metodologia para uma análise e atuação quando evidenciado um problema de número excessivo de ocorrências de retrabalhos; e evidenciar a influência do fator humano na composição do indicador de retrabalho na atividade de manutenção. Foram objeto desse estudo os casos de retrabalho para os serviços realizados em bombas centrífugas, reparadas em uma oficina de uma indústria do ramo petroquímico.

O objetivo é diminuir o indicador de manutenção intimamente ligado a ocorrência de erro humano, que é o número de retrabalhos. Definimos o retrabalho quando um equipamento que sofreu manutenção apresenta problemas, ou perda de suas funções, em um prazo menor do que 30 dias. Para tal objetivo foram realizadas análises estatísticas, quantificação e caracterização das causas raízes das falhas ocorridas após serviços de manutenção.

3. DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO

A empresa estudada possui uma equipe de manutenção composta de um (1) engenheiro líder, três (3) técnicos de manutenção, seis (6) supervisores e quarenta e seis (46) profissionais de mecânica e usinagem, que são responsáveis por dar manutenção em torno de 1200 equipamentos das famílias de bombas centrífugas horizontais e verticais (simples estágios, multistágios, tipo barrel, etc.), turbinas a vapor de pequeno e grande porte, compressores centrífugos e alternativos, redutores, etc.

O elevado número de retrabalhos nos equipamentos dinâmicos, e consequentemente, uma insatisfação do cliente no período analisado, evidenciou-se com um alerta para que houvesse uma decisão gerencial de estruturar, de forma estratégica, uma ferramenta que garantisse a redução do número de retrabalho. O objetivo do estudo é, de forma estruturada, através gestão técnica e comportamental dos profissionais de execução, analisar o efeito da ferramenta gerencial na melhoria da qualidade e produtividade dos serviços de manutenção.

3.1 Coleta de dados

A escolha dos indicadores para o monitoramento de resultados é de extrema importância para tomada de decisões. O indicador utilizado foi o número de retrabalhos obtido através de uma pesquisa das OM's (ordens de manutenção) executadas. Ordens de Manutenção (OM) de retrabalho são identificadas na sua abertura com o nome retrabalho, para diferenciar das OM de serviços normais, exibidas na tabela 1. Na tabela 2, vemos o detalhamento das falhas ocorridas, quantas vezes ocorreram e o quanto de homem hora (H/h) foi utilizado para corrigir o problema.

Tabela 1- Amostragem de H/h atribuídas a Ordem de manutenção de retrabalho em 2013.

HH / ORDEM DE MANUTENÇÃO DE RETRABALHO							
JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
17	106	40	66	67,5	18	128	27
17	17	44	50	16	58	16	68
53		30	80	134,5	36	4	
39		2	42	68	8	24	
97		22	9	34	25	32	
		74	24	86,4	52	20	
		42	104,5	69	48	16	
			32	58,5	80	72	
				28	32	24	
				34	128		
				20	8		
				59,5			

Tabela 2 – Relação entre falhas, ocorrência e H/h.

FALHA	OCORRÊNCIA	H/h TOTAL
Vazamento pelo Selo	23	1041
Vibração	9	463
Vazamento de óleo	5	232
Bomba trancada	2	374
Baixa eficiencia	2	22
Acoplamento quebrado	2	21
Outros	13	453,9

As análises de falhas apontavam que as origens dos retrabalhos estavam relacionadas principalmente, com a falta de capacitação técnica do executante ao realizar uma determinada atividade e/ou, a falta de conhecimento do supervisor acerca das condições de capacitação da sua equipe. Na análise dos dados, foi aplicada a ferramenta proposta para a caracterização dos fatores humanos, levando-se em conta apenas três pontos: a característica da tarefa, as características pessoais e os aspectos organizacionais.

3.2 Aplicação da Matriz de Habilidades

A Matriz de Habilidades é uma ferramenta onde são avaliadas as habilidades necessárias para realizar determinada atividade de uma pessoa, bem como uma ferramenta para ajudar a identificar os indivíduos mais adequados para o trabalho. Geralmente ela enfoca três aspectos do perfil dos colaboradores para determinadas funções, que são: funcional, gerencial e comportamental. A tabela 3 apresenta algumas atividades relacionadas à Matriz de Habilidades, aplicada nesse estudo de caso, dentro dos perfis funcional, gerencial e comportamental. No entanto, essas atividades deveriam ser muito mais amplas. Com a Matriz de Habilidades a empresa consegue fazer uma avaliação estratégica de seus funcionários. [7]

Tabela 3 – Exemplo de atividades divididas entre os três aspectos de perfis do indivíduo.

Funcional	Gerencial	Comportamental
Mancais	Assiduidade	Comportamento proativo
Metrologia	Pontualidade - início e fim de expediente	Relacionamento interpessoal com colegas e líderes
Desenho técnico	Pontualidade - Hora do almoço	Disponibilidade para trabalhar fora do horário administrativo
Mecânica Básica	Ritmo de trabalho nas atividades - tempo de resposta	
Selo Mecânico	Qualidade do trabalho realizado - Resserviço	
Alinhamento		
Acoplamento		
Ferramentas		

3.2.1 Detalhamento das etapas

A primeira fase do trabalho consiste em levantar as competências e capacitação (habilidades) necessárias para se executar todas as atividades dos serviços de manutenção da planta de produção do cliente, com qualidade e produtividade. Com o conhecimento das competências necessárias para execução das atividades a serem desenvolvidas, a Matriz de Habilidades é expressa em uma planilha customizada, onde é possível visualizar as competências técnicas necessárias para executar a manutenção dos ativos do cliente. Nessa fase são estudadas as IT's (Instruções Técnicas) de cada atividade exigida nos serviços de manutenção e as instruções técnicas é como a empresa se comunica com seus funcionários dizendo como deve ser feito os serviços de manutenção prestados pela empresa. Há também a descrição de todas as atividades relacionadas com o serviço prestado.

Na segunda fase é feito o levantamento das habilidades individuais de cada membro da equipe, através de entrevista técnica individual executada pelo supervisor da equipe com base nas competências indicadas pela Matriz de Habilidades. Com os dados identificados de competências e habilidades, é possível identificar os pontos fortes e fracos individualmente de cada membro da equipe na Matriz de Habilidades. Os funcionários são pontuados em notas 1, 2 e 3 sendo ruim, regular e bom, respectivamente, para cada habilidade. A média das habilidades gera uma nota em percentual para cada competência. Notamos na tabela 4, apresentando o perfil funcional do trabalhador, o funcionário I recebeu notas 1, 2 e 3 em suas habilidades dentro da competência “Metrologia, Desenho técnico e Mecânica Básica”, gerando uma nota percentual de 79% nesta competência.

Tabela 4 – Pontuação de habilidades e competências

			1
			83,8%
COMPETÊNCIA	HABILIDADES	TOTAL	Funcionário I
Metrologia, Desenho técnico e Mecânica básica.	Conhecimento em Paquímetro	1	3
	Conhecimento em Micrômetro	1	3
	Conhecimento em Relógio Comparador	1	3
	Conhecimento em Desenho mecânico (Vistas e perspectivas)	1	2
	Conhecimento em ajustes e tolerâncias	1	2
	Conhecimento em lubrificação	1	2
	Conhecimentos básicos em vibração e balanceamento	1	1
	Conhecimento em materiais metálicos e não metálicos, podendo identificar e aplicar de acordo com suas propriedades e especificações.	1	3
	1	PR%	79%

Com esses dados pode-se desenvolver um plano de treinamento dinâmico direcionado para melhorar a qualificação técnica e motivacional da equipe de manutenção [8]. Portanto, na segunda fase o supervisor (ou Líder) deve fazer uma entrevista individual com todos os seus subordinados, identificando os pontos fortes e fracos de cada membro da equipe para pontuar na Matriz de Habilidades, isso auxiliará o Líder a conhecer melhor seu subordinado. Em contra partida, o subordinado passa a conhecer através da Matriz de Habilidades as competências requeridas pela empresa e passa a conhecer quais as competências que ele atende e quais as competências que ele precisa adquirir.

Na terceira fase o Supervisor (ou Líder) deve utilizar a Matriz de Habilidades para estabelecer uma meta de qualificação técnica (habilidades) para o seu subordinado, com o objetivo do subordinado buscar o seu crescimento pessoal e atender melhor as necessidades do cliente (maior produtividade sem retrabalho).

Na quarta fase, o Supervisor (ou Líder) deve elaborar um plano de treinamento direcionado a atender as deficiências dos seus subordinados indicadas pela Matriz de Habilidades. Essa também é uma etapa onde podemos notar a comunicação entre a empresa e o seu corpo técnico, porque é no treinamento que o funcionário aprenderá as normas e diretrizes da empresa. Passará a conhecer bem as instruções técnicas (IT's), que mostra as características das tarefas que serão executadas nos serviços de manutenção prestados pela empresa. Na tabela 5, apresentando o perfil comportamental do trabalhador, temos uma situação modelo para quatro funcionários. Na habilidade “Comportamento proativo”, dois funcionários ficaram com nota 1 (nível 1) e um funcionário ficou com nota 2 (nível 2), assim só esses três funcionários que não tiraram a nota máxima precisaram de treinamento. O funcionário que tirou nota 3 (nível 3) não necessitará de treinamento nesta habilidade.

Tabela 5 – Quantificação de funcionários para treinamento

COMPETÊNCIA	HABILIDADES	TOTAL	1	18	32	39	Média do grupo			
			83,8%	79,7%	69,0%	49,2%	68,7%			
			Funcionário I	Funcionário II	Funcionário III	Funcionário IV	Qtd. Nível I	Qtd. Nível II	Pessoas a treinar	Qtd. Nível III
POSTURA PROFISIONAL	Comportamento Proativo	1	1	1	3	2	2	1	3	1
	Relacionamento interpessoal com colegas e líderes	1	3	2	2	3		2	2	2
	Disponibilidade para trabalhar fora do horário administrativo	1	3	1	3	3	1		1	3

Na quinta fase deve se estabelecer a sistemática de acompanhamento do desempenho de cada membro da equipe, através dos índices de retrabalho e produtividade, com o objetivo de dar feedback para o subordinado do seu desempenho. Na tabela 6, apresentando o perfil gerencial do trabalhador, temos logo acima do número de matrícula a média percentual individual do trabalhador e a média do grupo. Uma média abaixo de 65% tem uma cor diferente para sinalizar. Através dessa média pode-se acompanhar o desempenho do trabalhador, como individuo e coletivamente.

Tabela 6 – Média geral de desempenho individual e coletivo.

COMPETÊNCIA	HABILIDADES	TOTAL	1	18	32	39	Média do grupo			
			83,8%	79,7%	69,0%	49,2%	68,7%			
			Nº MAT. 1401	Nº MAT. 1418	Nº MAT. 1432	Nº MAT. 1439	Qtd. Nível I	Qtd. Nível II	Pessoas a treinar	Qtd. Nível III
PRODUTIVIDADE	Assiduidade	1	3	3	3	3		3	3	38
	Pontualidade - Início e fim do expediente	1	3	3	3	3		5	5	36
	Pontualidade - Hora do almoço	1	3	3	3	3		4	4	37
	Ritmo de trabalho nas atividades afins - tempo de resposta	1	3	3	3	3		3	3	38
	Qualidade do trabalho realizado - Resserviço	1	3	3	3	3		2	2	39

Como sexta e ultima etapa, deve se estabelecer uma sistemática de entrevista de avaliação semestral de cada membro da equipe, com o objetivo de atualizar os níveis de competências do

subordinado e da equipe na Matriz de Habilidades. Portanto, as qualificações técnicas do indivíduo atenderá as competências necessárias à execução dos serviços prestados pela empresa.

Na tabela 7, apresentando os perfis funcional, gerencial e comportamental, temos a Matriz de Habilidades reduzida na quantidade de funcionários.

Tabela 7 – Exemplo da Matriz de Habilidade

			1	Média do grupo			
			83,8%	68,7%			
COMPETÊNCIA	HABILIDADES	TOTAL	Nº MAT. 1401	Qtd. Nível I	Qtd. Nível II	Pessoas a treinar	Qtd. Nível III
POSTURA PROFISIONAL	Comportamento Proativo	1	3		3	3	38
	Relacionamento interpessoal com colegas e líderes	1	3		4	4	37
	Disponibilidade para trabalhar fora do horário administrativo	1	3		4	4	37
Total	NÍVEL DE PROFICIÊNCIA NA COMPETENCIA	3	3		1	1	40
	1	PR%	100%				
PRODUTIVIDADE	Assiduidade	1	3		3	3	38
	Pontualidade - Início e fim do expediente	1	3		5	5	36
	Pontualidade - Hora do almoço	1	3		4	4	37
	Ritmo de trabalho nas atividades afins - tempo de resposta	1	3		3	3	38
	Qualidade do trabalho realizado - Resserviço	1	3		2	2	39
Total	NÍVEL DE PROFICIÊNCIA NA COMPETENCIA	5	3		2	2	39
	1	PR%	100%				
Metrologia, Desenho técnico e Mecânica básica.	Conhecimento em Paquímetro	1	3		1	1	40
	Conhecimento em Micrômetro	1	3		8	8	33
	Conhecimento em Relógio Comparador	1	3		7	7	34
	Conhecimento em Desenho mecânico (Vistas e perspectivas)	1	2	1	24	25	16
	Conhecimento em ajustes e tolerâncias	1	2	2	22	24	17
	Conhecimento em lubrificação	1	2	1	19	20	21
	Conhecimentos básicos em vibração e balanceamento	1	1	41		41	
	Conhecimento em materiais metálicos e não metálicos, podendo identificar e aplicar de acordo com suas propriedades e especificações.	1	3	4	30	34	7
Total	NÍVEL DE PROFICIÊNCIA NA COMPETENCIA	8	2	1	24	25	16

	1	PR%	79%				
MANCAIS	Identificação dos tipos de rolamentos e interpretação de designações	1	3	4	20	24	17
	Manutenção e inspeção de mancais de rolamento (Desmontagem, inspeção visual, controle de folgas e montagem).	1	3	4	13	17	24
	Manutenção e inspeção de mancais de deslizamento (Desmontagem, inspeção visual, dimensional e montagem)	1	3	8	24	32	9
	Conhecimento do PO-009-9999.005 (MONTAGEM DE MANCAIS DE ROLAMENTO)	1	2	14	17	31	10
	Conhecimento do PO-009-9999.005 (MONTAGEM DE MANCAIS DE BUCHA)	1	2	16	23	39	2
	Vedadores de mancais (Labirintos e Retentores) - Desmontar, inspecionar, ajustar e montar.	1	3	5	14	19	22
	Protetores de mancais - Tipo e características, cuidados no manuseio e montagem.	1	3	6	15	21	20
Total	NÍVEL DE PROFICIÊNCIA NA COMPETÊNCIA	6	3	5	13	18	23
	1	PR%	100%				

4. RESULTADOS OBTIDOS

Os procedimentos, descritos na seção 3, auxiliaram a empresa a reduzir custos de manutenção e a aumentar a disponibilidade e confiabilidade de seus equipamentos, conforme demonstrado no comparativo representado pela tabela 8 e figura 1.

Tabela 8 - Número de OMs de retrabalho nos anos de 2013 e 2014

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2013	5	2	7	8	12	11	9	2				
2014	2	1	3	0	0	2	0	1	2	1	4	0

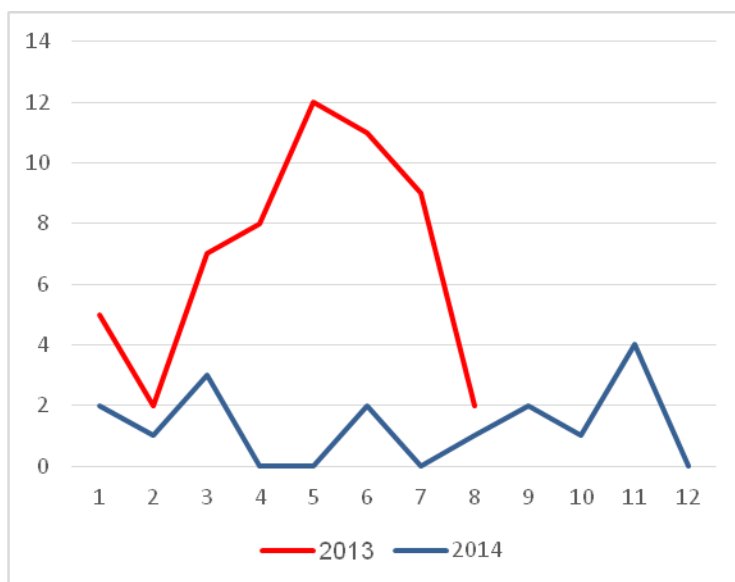


Figura 1 – Gráfico de comparação entre os anos 2013 e 2014

A estratégia foi aplicada nos serviços realizados no ano de 2014, onde foi possível alcançar muitos benefícios, tais como:

- Identificar as áreas em que a empresa tem necessidade de formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos.
- Permite ao colaborador saber quais são as tarefas que ele deve trabalhar e quais deve ter a ajuda de alguém.
- Conhecer os objetivos da empresa para o colaborador saber o que mais precisa aprender.
- Identificar quem está mais bem qualificado para realizar uma determinada tarefa, otimizando o trabalho.
- Identificar quais tarefas que são altamente eficazes e quais precisam melhorar.
- Identificar distorções de função na equipe de manutenção.

Com esses benefícios adquiridos a qualificação técnica do inteiro corpo técnico passou a alcançar as competências técnicas exigidas para realizar com confiabilidade os serviços de manutenção realizados em bombas centrífugas na oficina de uma indústria no ramo petroquímico.

Fez-se uma comparação entre os valores totais de retrabalho no ano de 2013 com os valores totais de retrabalho no ano de 2014 nos meses de janeiro a Agosto. Pode-se perceber claramente uma abrupta redução de 83,9% no número de OMs de retrabalhos, apenas referentes a bombas centrífugas, como vista na tabela 4 e na figura 3. Essa comparação foi até os meses de Agosto porque os dados dos meses de setembro a dezembro de 2013 não foram fornecidos pela empresa estudada.

5. CONCLUSÃO

O objetivo principal desse trabalho foi propor a redução do número de retrabalho, em serviços de manutenção de bombas centrífugas, através de uma ferramenta gerencial que aumenta a confiabilidade do serviço de manutenção. A redução do número de retrabalho foi de 83,9%, comparando os meses de Janeiro até Agosto entre 2013 e 2014.

Portanto, a Matriz de Habilidades mostra que os três aspectos do Fator Humano - as características da Tarefa, a qualificação técnica do indivíduo e a comunicação entre a empresa e seu corpo técnico, estão intimamente relacionados com a manutenção.

Não houve nenhum tipo de bonificação da parte da empresa para estimular ou incentivar os funcionários, seria interessante desenvolver algum tipo de gratificação para os funcionários que tivessem melhor desempenho.

6. REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, A. P. “Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras.” *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, p. 53-69. Ano 8, nº 3, (jul-set/2013).
- [2] SEIXAS, E.S. *Erro humano na manutenção*. http://www.arsymposium.org/southamerica/palestras2011/P4S2paper_ErroHumano_Seixas.pdf.
- [3] 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).
- [4] DHILLON, B.S. *Human Reliability, Error, and Human Factors in Engineering Maintenance*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Florida – Estados Unidos, 2009.
- [5] FIGUEIRÔA FILHO, C. L. S. “Avaliação Quantitativa da Confiabilidade Humana – comparativos de métodos usados e perspectivas para avaliação da confiabilidade sócio técnica em tarefas de inspeção de rotina.” *29º Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos*. Santos – SP, (2014).
- [6] NOROOZI, A.; KHAKZAD, N.; KHAN, F.; MACKINNON, S.; ABBASSI, R. “The role of human error in risk analysis: Application to pre- and post-maintenance procedures of process facilities”. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol.119, pp.251-258 (2013).
- [7] FERNANDES, L.; ESCAMIA, J.H.; SATALO, E.G.; TAMASSIA, L.; MESA JUNIOR, E. “Gestão do Conhecimento pela Matriz de Competência.” *XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Belo Horizonte- MG, Brasil, 04 a 07 de Outubro (2011).
- [8] GOMES, R.B.; SACRAMENTO, J.C. “Matriz de habilidades – gestão de qualidade e produtividade dos serviços de manutenção”. *28º Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos*. Salvador-BA (2013).