

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Gestão de ativos industriais:
matriz informacional de apoio à decisão tática.**

RODRIGO DE SOUZA E SILVA ATAULO

Orientadora: Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto

São Carlos

2013

RODRIGO DE SOUZA E SILVA ATAULO

**Gestão de ativos industriais:
matriz informacional de apoio à decisão tática.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Especialista em Engenharia de
Produção.

Orientadora: Daisy Aparecida do Nascimento
Rebelatto

São Carlos

2013

Autorizo a publicação e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação

Biblioteca Central da EESC.

A862g Ataulo, Rodrigo de Souza e Silva
Gestão de ativos industriais : matriz informacional
de apoio à decisão tática / Rodrigo de Souza e Silva
Ataulo; orientadora Daisy Aparecida do Nascimento
Rebelatto. -- São Carlos, 2013.

Monografia (Especialização em Engenharia de Produção
Mecânica) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2013.

1. Gestão de ativos. 2. Gestão estratégica. 3.
Confiabilidade. 4. Gestão de risco. 5. Gestão de
manutenção. 6. Análise de projetos de investimento. I.
Título.

Ao meu avô Ney, pela referência e cumplicidade
em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À minha família, obrigado pelo apoio à realização desta pesquisa e, em especial à pequena Mariana, pela alegria gerada por sua curiosidade e entusiasmo na leitura de alguns trechos deste trabalho, apesar de ainda não compreender o pleno valor do conhecimento, a essência do ambiente acadêmico.

Aos professores e colegas, minha gratidão pelos aprendizados proporcionados por vocês nesse período, dos conceitos acadêmicos à “cultura de botequim”: o equilíbrio entre a teoria e a experiência dando forma ao conhecimento.

Ao Eng. Rodrigo Cordella, meu agradecimento pela atenção e disposição em contribuir para o desenvolvimento deste trabalho, participando do processo de levantamento de dados às atividades de modelagem e simulação realizadas.

Ao Eng. Claudio Spano, diretor-presidente da empresa ReliaSoft Brasil, meu agradecimento pela concessão da licença de *softwares* da plataforma SYNTHESIS®, para execução das atividades de modelagem e simulação contidas neste trabalho.

À Profa. Daisy, orientadora desta pesquisa, obrigado pela confiança demonstrada em todo processo de orientação e, principalmente, pelo estímulo à continuidade do estudo deste tema em futuras pesquisas acadêmicas.

*Tanto os indivíduos como os grupos precisam criar
mecanismos para revisar com regularidade sua
tomada de decisões.*

Daniel Kahneman,
ganhador do prêmio Nobel de Economia de 2002.

RESUMO

ATAULO, R. S. S. **Gestão de ativos industriais:** matriz informacional de apoio à decisão tática. 2013. 127 f. – Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

A eficácia operacional é vital à sustentabilidade dos setores produtores de *commodities*, sobretudo quanto ao desenvolvimento econômico e meio ambiente. Ao tratarmos os ativos industriais na tomada de decisão em projetos de investimento, a visão estratégica considerada na análise do ciclo de vida de ativos físicos torna-se imprescindível à eficiência de sistemas produtivos em médio e longo prazo, maximizando esses ativos. Nesse contexto, um adequado sistema de informação qualifica os cenários para as decisões táticas, nível de planejamento importante à integração entre gestão estratégica e gestão de operações, que por sua vez, apresenta alto impacto na eficiência dos ativos físicos e resultados do setor industrial. Com objetivo de propor uma ferramenta de apoio à decisão tática para gestão de ativos industriais, este trabalho abordou conceitos e fundamentos intrínsecos às inter-relações entre gestão estratégica, gestão da manutenção, gestão de riscos operacionais e gestão de portfólio de projetos de investimento, respectivamente associadas às dimensões da qualidade, manutenção, confiabilidade e projetos. A partir daí, uma matriz informacional de apoio à decisão tática foi estruturada, apresentando métricas essenciais ao sistema de informação para processos decisórios envolvendo ativos físicos e sistemas de ativos. Por fim, para exemplificar a determinação da informação de entrada na matriz, um estudo de caso foi realizado para mensuração de riscos operacionais, aplicado em uma empresa do setor de químicos e fertilizantes, tratando dados de falhas funcionais de ativos pertencentes a sistemas de produção envolvidos em projetos de investimento da empresa.

Palavras-chave: Gestão de ativos; Gestão estratégica; Confiabilidade; Gestão de risco; Gestão de manutenção; Análise de projetos de investimento.

ABSTRACT

ATAULO, R. S. S. **Industrial asset management:** informational matrix to support tactical decision. 2013. 127 f. – Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

The operational effectiveness is vital to sustainability of the commodities producers sectors, especially for economic development and environment. Regarding industrial assets, the strategic vision should be considered in the physical asset life cycle analysis during decision-making in investment projects. This condition provides the efficiency of produced systems in medium and long term, maximizing these assets. In this context, an appropriated information system qualifies the scenario for tactical decisions, which is an important level of planning for integration between strategic management and operations management, greatly improving the conditions for enhance efficiency of physical assets and results of industrial sector. Aiming to propose a support tool to tactical decision for industrial asset management, this work approaches concepts and bedrocks involved in the interrelationships among strategic management, maintenance management, operational risk management, and portfolio projects management. These elements are associated, respectively, with the dimensions of quality, maintenance, reliability and projects. Thereafter, an information matrix to support tactical decision was organized, presenting important metrics to the information system for decision-making processes involving physical assets and asset systems. Ultimately, in order to illustrate the settings of the input information in the matrix, a case study was performed to measure operational risks. This study was applied to a company in the chemical and fertilizer plant, by means of treating data from functional failures of assets belonging to production systems involved in investment projects of enterprise.

Key-words: Asset management; Strategic management; Reliability; Risk management; Maintenance management; Investment project analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – As nove variáveis de desempenho de Rummler	24
Figura 2.2 – Visão holística das diretrizes estratégicas à gestão de ativos industriais	25
Figura 2.3 – O mapa estratégico representa como a organização cria valor	29
Figura 2.4 – Gabarito de mapa estratégico de gestão operacional	31
Figura 2.5 – Diagrama do mapa estratégico da indústria 2013-2022	38
Figura 2.6 – Objetivos de desempenho provocam efeitos externos e internos. O custo interno é influenciado por outros objetivos de desempenho	44
Figura 2.7 – Eficácia operacional <i>versus</i> posicionamento estratégico	46
Figura 2.8 – Modelo de mapa estratégico: baixo custo total	49
Figura 2.9 – Estrutura do PAS 55-1:2008	52
Figura 2.10 – Relação histórica entre expectativas e técnicas de manutenção.....	54
Figura 2.11 – A relação entre a qualidade e a confiabilidade.....	57
Figura 2.12 – A relação entre confiabilidade e custo	60
Figura 3.1 – Relacionamentos entre os princípios da gestão de riscos, estrutura e processo...	66
Figura 3.2 – Modelo do método PDCA utilizado para operar uma organização e para melhorar aquela operação	72
Figura 3.3 – Efeitos da implementação da gestão de portfólio de projetos.....	73
Figura 3.4 – Interações de gerenciamento de projetos, programas e portfólios	75
Figura 4.1 – Estágios da tomada de decisão	87
Figura 4.2 – Elementos matriciais, seus inter-relacionamentos e fluxo informacional.....	93
Figura 4.3 – Cadeia produtiva do fertilizante MAP	101
Figura 4.4 – Estruturação da metodologia para mensuração dos riscos operacionais.....	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Diagnóstico sobre maturidade e capacitação para gestão de ativos na indústria brasileira	14
Quadro 2.1 – Posturas estratégicas das empresas	28
Quadro 2.2 – Inovação e produtividade: aumentar a produtividade da indústria – temas e objetivos	39
Quadro 2.3 – Valor gerado pelos objetivos de desempenho da produção	42
Quadro 2.4 – Benefícios com a aplicação da confiabilidade	58
Quadro 3.1 – Quatro modelos de tomada de decisões	68
Quadro 3.2 – Critérios para TIR e VPL	85
Quadro 4.1 – O modelo racional de tomada de decisão em seis etapas	86
Quadro 4.2 – Distribuições de probabilidade consideradas na modelagem	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Margem Líquida e Lucro Operacional sobre a Receita Líquida (em %)	34
Tabela 2 – Receita Líquida, Custo dos Produtos Vendidos (CPV) e Lucro Operacional (em R\$ bilhões)	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 A gestão de ativos industriais no ambiente interno às organizações	14
1.2 Tendências e progressos atuais na área de gestão de ativos industriais	15
1.3 Oportunidades, objetivos e estruturação da pesquisa	20
2 GESTÃO DE ATIVOS INDUSTRIAIS	23
2.1 Competitividade: estratégia e eficácia operacional	27
2.1.1 Contextualização do setor industrial no Brasil.....	32
2.1.2 Estratégia de produção	40
2.1.3 Estratégia de baixo custo total.....	45
2.2 A importância de um sistema de gestão de ativos físicos	49
2.2.1 Evolução histórica da manutenção	52
2.3 Racionalização da produção a partir da eficiência operacional.....	56
2.3.1 Os benefícios da engenharia da confiabilidade à eficiência operacional	56
3 GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS BASEADA EM RISCO.....	63
3.1 Identificação de riscos operacionais: produção, segurança e meio ambiente.....	63
3.2 Avaliação de riscos operacionais na gestão de portfólio de projetos	69
3.3 Tomada de decisão em projetos de investimento	78
4 MATRIZ INFORMACIONAL DE APOIO À DECISÃO TÁTICA.....	86
4.1 Conceitos e fundamentos de um sistema de informação	89
4.2 Matriz informacional de apoio à decisão tática (MIADT)	92
4.2.1 Organização dos elementos matriciais e seus inter-relacionamentos.....	92
4.2.2 Conceitos e fundamentos das métricas da matriz MIADT	94
4.3 Mensuração de riscos operacionais	100
4.3.1 Carteira de projetos para estudo de caso	101
4.3.2 Determinação de riscos operacionais a partir da análise RAM	103
4.3.3 Modelagem e simulação	108
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
REFERÊNCIAS	112
APÊNDICE A – Matriz informacional de apoio à decisão tática	117
APÊNDICE B – Mensuração de riscos operacionais: modelagem e simulação	118

1 INTRODUÇÃO

A produção industrial, como qualquer atividade econômica, torna-se sustentável na medida em que são consolidados retornos superiores ao capital investido na unidade de negócios, em cumprimento dos objetivos financeiros à meta de longo prazo da organização. O modelo *Balanced Scorecard*¹, apresentado por Kaplan (1997), permite tornar explícitos os objetivos financeiros e ajustá-los às diferentes fases das unidades de negócios durante todos seus ciclos de vida e crescimento. Isto significa, em termos de eficácia da gestão financeira, a abordagem não apenas do lucro, como também do risco.

O gerenciamento de riscos na gestão financeira deve promover uma dinâmica onde

objetivos relacionados a crescimento, lucratividade e fluxo de caixa enfatizam sempre os melhores retornos sobre o investimento. Mas as empresas devem equilibrar os retornos esperados com o gerenciamento e o controle do risco. Por isso, muitas empresas incluem em sua perspectiva financeira um objetivo voltado para a dimensão de risco da estratégia [...] Em geral, o gerenciamento de risco é um objetivo acessório que deve complementar o retorno esperado definido pela estratégia da unidade de negócios. (KAPLAN, 1997, p.53)

Tal estratégia empresarial pode ser fundamentada em três temas financeiros, definidos por Kaplan (1997) como: crescimento e *mix* de receita; redução de custos e melhoria de produtividade; utilização dos ativos e estratégia de investimento. Enquanto o tema crescimento e *mix* de receita remete à ideia de expansão da oferta e/ou demanda, além da maior flexibilidade quanto ao *mix* e preços de produtos e serviços, em busca de maior valor agregado, os dois subsequentes exemplificam, de uma forma ampla, elementos da gestão financeira mais sensíveis à gestão de ativos físicos, esta constituindo o tema central deste trabalho.

Essa sensibilidade à gestão de ativos físicos deve-se ao fato de que

¹ Segundo Kaplan (1997), o *Balanced Scorecard* consiste em um sistema de gestão estratégica, organizado em torno de quatro perspectivas distintas – financeira, dos clientes, dos processos internos, e de aprendizado e crescimento – sendo considerado uma ferramenta organizacional para importantes processos gerenciais, entre eles: estabelecimento de metas individuais e de equipe, remuneração, alocação de recursos, planejamento e orçamento, e *feedback* e aprendizado estratégicos.

os objetivos da redução de custos e melhoria da produtividade referem-se a iniciativas no sentido de baixar os custos diretos de produtos e serviços, reduzir os custos indiretos e compartilhar recursos com outras unidades de negócios. No caso da utilização dos ativos, os executivos tentam reduzir os níveis de capital de giro necessários para sustentar um determinado volume e *mix* de negócios. Eles se esforçam também para utilizar melhor a sua base de ativo fixo, direcionando os novos negócios para recursos até então não utilizados em sua plena capacidade, tornando mais eficaz a utilização de recursos escassos e desfazendo-se de ativos que gerem retorno inadequado sobre seu valor de mercado. Todas essas ações permitem que a unidade de negócios aumente o retorno gerado por seus ativos financeiros e físicos. (KAPLAN, 1997, p.54)

A vantagem de custo, alavancada pela redução de custos e melhoria da produtividade, pode ser obtida mais comumente, segundo Robbins (2002), por eficiência das operações, economias de escala e inovações tecnológicas. Essas medidas estão intimamente atreladas à utilização dos ativos e estratégia de investimento, que por sua vez, impactam na eficiência dos procedimentos para investimentos em capital físico e intelectual, conforme Kaplan (1997, p.62), “tanto para melhorar a produtividade decorrente dos projetos de investimento de capital quanto para acelerar o processo, de modo que os retornos financeiros gerados por esses investimentos sejam realizados mais cedo; na prática, uma redução do ciclo de caixa²”.

A maior lucratividade gerada através do crescimento, da redução de custos, da produtividade e da utilização dos ativos não constitui a única diretriz relevante à gestão financeira, sobretudo quando são consideradas as incertezas, tanto financeiras quanto operacionais. Para Kaplan (1997), o controle da variabilidade de seus lucros exige da organização objetivos explícitos de gestão de riscos à sua perspectiva financeira, apoiados pela maior previsibilidade de seus resultados operacionais.

Algumas organizações

admitem sua incapacidade de prever os resultados operacionais. Projeções equivocadas, principalmente quando os resultados ficavam abaixo do esperado, levaram a empréstimos inesperados e, conseqüentemente, a maiores riscos para o negócio. Essas empresas optaram pelo objetivo de

² Kaplan (1997, p.61) define o ciclo de caixa como “uma das medidas da eficiência do gerenciamento do capital de giro [...] calculado como a soma do custo dos dias de vendas em estoque, dos dias de vendas no contas a receber, menos os dias de compras no contas a pagar”.

redução do percentual de desvio entre os resultados reais e os resultados projetados. (KAPLAN, 1997, p.64)

Condição importante à redução de tal desvio no ambiente industrial, a visão integrada da gestão dos processos de produção, manutenção e projetos, e suas inter-relações críticas às estratégias organizacionais são essenciais à estruturação de um sistema de tomada de decisão que agregue valor à eficiência operacional de ativos e sistemas de ativos, especialmente ao gerenciamento de resultados e oportunidades nos planejamentos tático e estratégico. Inerente a esse ambiente decisório, a incerteza técnica quanto ao desempenho dos sistemas de produção pode provocar significativa amplitude nas projeções de resultados operacionais, sendo ela tanto maior quanto o horizonte de planejamento adotado nas análises para elaboração de alternativas. Então, sendo um horizonte de planejamento em médio e, principalmente, longo prazo uma condição de planejamento vital à gestão estratégica, a minimização do grau de incerteza torna-se requisito crítico ao sucesso em seus processos de tomada de decisão.

Em processos decisórios,

uma das tarefas mais desafiadoras diante de quem vai tomar uma decisão é a análise das alternativas [...] Uma situação muito mais típica é uma situação de risco. Por risco queremos dizer as condições nas quais o tomador de decisão pode calcular a probabilidade de alternativas ou resultados. Essa possibilidade de atribuir probabilidades pode ser decorrente de experiência pessoal ou de informações secundárias [...] A condição mais difícil sob a qual tomar decisões é a incerteza, situação na qual os tomadores de decisão não dispõem de informações suficientes para ter clareza sobre as alternativas ou calcular o seu risco. (ROBBINS, 2002, p.59)

Por essa razão, a gestão de riscos deve exercer importante influência em decisões táticas e estratégicas. Nesse sentido, a aplicação de métodos matemáticos para modelagem e simulação, tratados pela confiabilidade, proporciona interessante recurso à gestão de riscos operacionais, quantificando o risco a fim de se buscar a redução do grau de incerteza em tomadas de decisão envolvendo o planejamento e controle quanto ao desempenho operacional de ativos e sistemas de ativos, tanto em projetos de investimento quanto em estratégias de manutenção.

1.1 A gestão de ativos industriais no ambiente interno às organizações

A gestão de ativos industriais adquire, progressivamente, maior relevância em questões estratégicas no ambiente interno às organizações. Com o passar do tempo, seu *status* funcional vem sofrendo uma mudança quanto ao seu papel dentro da organização, de uma alternativa à gestão de manutenção, ao gerenciamento de restrições e oportunidades na gestão estratégica. Um fator de forte contribuição a essa nova leitura funcional da gestão de ativos industriais é o início do processo de consolidação de padrões normativos que tratam estruturas, métodos e ferramentas gerenciais com enfoque em ativos e sistemas de ativos, com destaque à especificação BSI PAS 55:2008 (PAS 55) e as futuras normas da série ABNT NBR ISO 55000, a ser lançada, provavelmente, em 2014. Naturalmente, nesse estágio inicial da implementação de práticas para gestão de ativos com fins estratégicos na indústria brasileira³, o desenvolvimento de sistemas de gestão de ativos físicos ainda carece de maior integração de processos e objetivos estratégicos, principalmente em se considerando a visão do ciclo de vida de ativos e sistemas de ativos.

Para contextualização desse cenário, uma evidência muito significativa à indústria nacional foi constatada pela Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (Abraman), em parceria com a empresa Accenture, através da realização de uma pesquisa intitulada “Diagnóstico sobre maturidade e capacitação para gestão de ativos na indústria brasileira”. Os resultados são apresentados por Abraman (2013), conforme a seguir:

Questões tratadas na pesquisa	<i>Nível de maturidade e capacitação</i>			
	Líder	Avançada	Básica	Limitada
Existe alguma estratégia de gestão de ativos bem definida, derivada da estratégia de negócios?	50%	40%	10%	0%
As decisões de substituição de equipamentos são tomadas com base no custo do ciclo de vida dos ativos?	25%	20%	30%	25%
Como é desenvolvida a estratégia de manutenção?	35%	10%	40%	15%

Quadro 1.1 – Diagnóstico sobre maturidade e capacitação para gestão de ativos na indústria brasileira. Fonte: adaptado de Abraman (2013)

³ Em dezembro de 2012, a AES Tietê foi a primeira empresa da América Latina a obter a certificação na especificação BSI PAS 55:2008, conforme notícia disponível no *website* da Abraman em: <http://www.abraman.org.br/noticias/28-12-2012-aes-tiete-garante-certificacao-internacional-segundo-a-pas-55>, acessado em 14/11/2013.

Os resultados da pesquisa, apresentados no Quadro 1.1, provocam uma reflexão importante sobre o atual estágio de desenvolvimento da gestão de ativos físicos às estratégias das empresas brasileiras, pois proporcionam uma interessante constatação quanto ao equivocado entendimento, por parte das empresas participantes dessa pesquisa, sobre o nível de desenvolvimento de suas próprias práticas de gestão de ativos à estratégia organizacional. Isso fica evidente ao analisar-se a relação entre os resultados obtidos nas duas primeiras questões, que, respectivamente, tratam da estratégia de gestão de ativos derivada da estratégia de negócios e da decisão de substituição de equipamentos baseada no custo do ciclo de vida dos ativos. Nota-se que 55% das empresas avaliaram suas práticas para tomada de decisão de substituição de equipamentos, com base no custo do ciclo de vida dos ativos, como básica ou limitada, enquanto 90% destas mesmas empresas consideraram-se no nível de liderança ou avançado, em relação a suas estratégias de gestão de ativos serem bem definidas a partir de estratégia de negócios. Ora, seria mais coerente, em função dos 90% citados, que a questão referente à decisão de substituição de equipamentos apresentasse em seus resultados, na somatória dos níveis de liderança e avançado, uma parcela bem superior aos 45% obtidos.

Tal ponderação é relevante, pois possibilita ao diagnóstico identificar oportunidades acerca de objetivos, estratégias e programas, capazes de consolidar ações de planejamento, implementação, monitoramento e controle de diretrizes da gestão de ativos e suas relações com a estratégia organizacional.

1.2 Tendências e progressos atuais na área de gestão de ativos industriais

As recentes pesquisas acadêmicas aplicadas ao ambiente que envolve a gestão de ativos industriais configuram excelente oportunidade à abordagem sistêmica dos processos compreendidos, sobretudo no tratamento da gestão de manutenção e gestão de projetos, por meio da visão estratégica da organização.

Nesse sentido, uma visão estratégica integrada envolvendo o desempenho de ativos e o monitoramento de suas condições operacionais, mediante requisitos de normas internacionais e de meio ambiente, é proposta por Roe e Mba (2009). Segundo eles, a consolidação dos

protocolos de manutenção (preventiva, preditiva, reativa, baseada na condição e centrada na confiabilidade) e o monitoramento da condição operacional dos ativos críticos contribuem para a compreensão dos modos de falha potenciais, viabilizando objetivos como: garantir a segurança do sistema; otimizar a eficiência de equipamentos; maximizar a produção minimizando energia e reduzindo perdas. Esses objetivos são essenciais às indústrias que gerenciam indicadores de desempenho operacional e financeiro, como OEE⁴ e WLCC⁵, pois a tendência e modelagem dos parâmetros envolvidos no monitoramento da condição operacional são fundamentais à eficiência comercial, à rentabilidade e ao retorno sobre o investimento (ROI), além de garantir o desenvolvimento da sustentabilidade econômica e ambiental.

A consolidação dos protocolos de manutenção, bem como o consistente monitoramento da condição operacional dos ativos críticos, exige uma sólida estruturação dos processos de manutenção aplicáveis ao ciclo de vida de ativos e sistemas de ativos. Campos e Márquez (2011) destacam a abrangência da PAS 55, como uma estruturação completa não apenas à gestão da manutenção, mas ao gerenciamento de todo ciclo de vida dos ativos. Essa abrangência envolve as entradas e saídas de processos, a vinculação de objetivos, a orientação às novas tecnologias e a melhoria contínua. Eles apresentam o processo de desenvolvimento de um modelo de gestão da manutenção fundamentado nos requisitos gerais da PAS 55, propondo os diagramas de fluxo e processos de forma e representar a implementação da estrutura da PAS 55 em uma organização⁶. A integração entre esse sistema de informação – o sistema para gestão de ativos – e sistemas de gestão empresarial é tratada através da proposta de utilização da metodologia *Business Process Management* (BPM), visando melhorar a eficiência organizacional através da gestão de processos de negócio que são modelados, automatizados, integrados, controlados e continuamente otimizados. Ao adotar a metodologia BPM, é possível modelar um processo de gestão de manutenção especial e, posteriormente, interligar este modelo a um sistema de informação geral.

Um papel significativo de um modelo de gestão da manutenção bem estruturado é viabilizar a sistematização das práticas gerenciais a fim de se obter uma dinâmica da rotina do

⁴ A sigla OEE refere-se a *Overall Equipment Efficiency*, termo em inglês que corresponde a Eficiência Global do Equipamento.

⁵ A sigla WLCC refere-se a *Whole Life Cycle Cost*, termo em inglês que corresponde a Custo Integral do Ciclo de Vida.

⁶ Campos e Márquez (2011) ressaltam que a PAS 55 declara o que tem de ser feito, mas não exatamente como fazê-lo. Por esta razão, cada empresa é capaz de desenvolver suas próprias técnicas e metodologias específicas para cumprir os requisitos da PAS 55.

controle estratégico, que possibilite a revisão das políticas de manutenção em favor da condição operacional, de ativos e sistemas de ativos, com custos e despesas adequados ao orçamento de manutenção. Boyles, Zhang e Waller (2010) apresentam técnicas para determinar e avaliar políticas de manutenção que considerem alguns comportamentos em relação às despesas de manutenção, como a aversão ao risco e o estabelecimento e busca de metas, nos horizontes de curto e longo prazo. Ao mesmo tempo em que os custos de manutenção não são triviais, os orçamentos das atividades de manutenção são limitados, tornando-se necessário determinar as ações de manutenção a serem executadas e suas respectivas programações, a fim de se garantir um bom funcionamento do sistema a um custo razoável. Com a dificuldade em prever deteriorações futuras e as necessidades manutenção de uma instalação com total precisão, políticas de manutenção são desenvolvidas, basicamente, para tratar dois problemas: o planejamento de despesas em longo prazo e a alocação do orçamento em decisões de curto prazo. Para tal, Boyles, Zhang e Waller (2010) propõem dois algoritmos baseados em programação dinâmica: *FindPolicy* e *EvalPolicy*.

Entretanto, a eficácia da política de manutenção está condicionada, também, à eficiência dos modelos de processos decisórios, que, em sua estruturação, devem refletir as diretrizes e objetivos da organização nos níveis de planejamento tático e estratégico. Segundo Pascual et al. (2009), para atender aos crescentes desafios da realidade industrial atual, as organizações precisam aprimorar continuamente sua capacidade de agregar valor e melhorar a relação custo-eficácia de seus processos decisórios. A tomada de decisão na gestão de ativos físicos é geralmente centrada em dois níveis: estratégico e tático. A análise em nível estratégico é mais ampla, pois envolve: (i) identificação e classificação de sistemas potenciais para melhorias; (ii) orçamentação no nível do sistema e previsões orçamentais; (iii) nível de avaliação de desempenho de sistema; (iv) previsão do mercado futuro e condições operacionais. No nível tático, por outro lado, as preocupações estão em decisões mais específicas à gestão técnica de projetos individuais, que inclui: (i) avaliar as causas de deterioração e determinar/selecionar possíveis soluções, (ii) avaliar os benefícios das alternativas pelo custo do ciclo de vida, (iii) selecionar e projetar as soluções desejadas. Pascual et al. (2009) apresentam uma nova ferramenta de apoio à decisão para selecionar os sistemas e modos de falha a partir de um ponto de vista orientado ao negócio. A ferramenta *Cost Scatter Diagrams* (CSD) proporciona uma condição para explorar graficamente

oportunidades de melhoria considerando KPIs⁷ atrelados ao negócio, como custos globais, custos de intervenção, disponibilidade, entre outros. O CSD baseia-se num modelo de custo e confiabilidade que está intimamente relacionado com a gestão de ativos físicos, sendo fundamentado em equações que envolvem todos os KPIs.

A implementação de decisões tomadas na gestão de ativos físicos, principalmente no nível de planejamento tático, deve contemplar a elaboração, ou revisão, de programas de manutenção preventiva, de acordo com os eventuais novos requisitos de desempenho operacional, de ativos e sistemas de ativos, decorrentes da nova estratégia de utilização dos ativos definida no processo decisório. Braaksmāa, Klingenbergā e Veldman (2013) desenvolveram um estudo que fornece uma perspectiva empírica sobre RCM⁸ e FMEA⁹. Ressaltam que a manutenção da planta é uma importante atividade operacional na indústria de processo, com seus custos, normalmente, representando algo em torno de 4% do capital empregado, segundo Veenman e Besselink¹⁰ (2010) *apud* Braaksmāa, Klingenbergā e Veldman (2013). Considerando além desse contexto, as perdas de produção e o consumo energético, decorrentes de eventual ineficiência no desempenho de ativos e sistemas de ativos, a manutenção preventiva torna-se um elemento de extrema relevância à produção industrial. Diversos autores destacam RCM e FMEA como importantes métodos à definição de programas de manutenção preventiva, constituindo uma forte influência às estratégias de manutenção e consequente impacto em uma fração significativa dos custos e despesas operacionais. Braaksmāa, Klingenbergā e Veldman (2013) analisam como os métodos de RCM e FMEA são aplicados na prática e se uma série de pressupostos comuns encontrados na literatura, a respeito da forma como os programas RCM e FMEA são implementados, podem ser suportados pela evidência empírica. A partir dessa análise, propõem melhorias associadas a: estabelecimento de políticas e processos baseados na coleta de dados, registro de incertezas na análise FMEA, precisão no registro de dados de falha e modos de falha, e educação sobre o uso da análise quantitativa. A concepção e utilização de uma abordagem baseada na criticidade para coleta de dados podem contribuir para a redução dos esforços e

⁷ A sigla KPI refere-se a *Key Performance Indicator*, termo em inglês que corresponde a indicador chave de desempenho.

⁸ A sigla RCM refere-se a *Reliability Centered Maintenance*, termo em inglês que corresponde a manutenção centrada em confiabilidade.

⁹ A sigla FMEA refere-se a *Failure Modes and Effects Analysis*, termo em inglês que corresponde a análise dos modos e efeitos de falha.

¹⁰ Veenman, A. and Besselink, L., 2010. *Asset owners and maintenance*. Breda. The Netherlands: Program Office WCM.

melhorar o retorno sobre o investimento, desde que sejam concentrados em ativos com função operacional requerida crítica ao processo.

A consolidação das práticas de RCM e FMEA constitui um novo canal de comunicação entre as áreas de produção, manutenção e projetos, principalmente as duas últimas, em razão do fluxo de informações referente às revisões de requisitos funcionais e de desempenho, e seus consequentes ajustes quanto às estratégias de manutenção ou projetos. Segundo Patanakul (2013), a importância do gerenciamento de projetos é cada vez mais reconhecida pelas organizações, com algumas considerando a gestão de projetos um ativo estratégico¹¹, enquanto outras utilizam a gestão de projetos como meio para a implementação da estratégia.^{12 13 14 15}

A pesquisa de Patanakul (2013) propõe um estudo para investigar a gestão da interdependência de projetos, constatando que, pelo fato desta interdependência ser significativa para MGPM¹⁶, pode-se admitir que, os gerentes de múltiplos projetos devem focar mais do que o sucesso individual de projetos. Não existe um processo formal para gerenciamento desta interdependência, por essa razão tem-se uma oportunidade de desenvolvimento de um sistema de gestão para promover o gerenciamento de projetos interdependentes. Além da gestão de projetos interdependentes, outra questão relevante é a necessidade da criação de um processo que possibilite a identificação de interdependências de projetos, no nível de projeto, durante as atividades de planejamento. A interdependência de projetos torna-se uma condição recorrente, quando adotada uma perspectiva sistêmica na gestão de ativos industriais, devido às inter-relações físicas e, principalmente, funcionais entre ativos e sistemas de ativos.

¹¹ K. Jugdev, “Developing and sustaining project management as a strategic asset: A multiple case study using the resource-based view”, Ph.D. dissertation, Dept. Civil Eng., Univ. Calgary, Calgary, AB, Canada, 2003, p.495.

¹² S. Pellegrinelli and C. Bowman, “Implementing strategy through projects,” *Long Range Planning*, vol. 27, n.4, p. 125–132, 1994.

¹³ A. Longman and J. Mullins, “Project management: Key tool for implementing strategy,” *J. Bus. Strategy*, vol. 25, no. 5, pp. 54–60, 2004.

¹⁴ K. A. Artto, P. H. Dietrich, and M. I. Nurminen, “Strategy implementation by projects,” presented at the PMI Res. Conf., London, U.K., 2004.

¹⁵ P. G. Morris, “Implementing strategy through project management: The importance of managing the project front-end,” in *Making Essential Choice With Scant Information: Front-End Decision Making in Major Projects*, T. M. Williams, K. Samset, and K. J. Sunnevag, Eds. Basingstoke, U.K.: Palgrave Macmillan, 2009, pp. 39–67.

¹⁶ MGMP refere-se a *management of a group of multiple projects*.

1.3 Oportunidades, objetivos e estruturação da pesquisa

Esse cenário de oportunidades para alavancagem da perspectiva sistêmica na gestão de ativos industriais exige, basicamente, visão holística e processos de tomada de decisão adequados à dinâmica técnica e econômica das atividades de planejamento tático e estratégico. Ao adotar-se as fases do ciclo de vida de ativos e sistemas de ativos como referências essenciais às decisões nesses níveis de planejamento, surge uma oportuna questão a ser tratada: com quais informações pode-se gerenciar o portfólio de projetos, sob aspectos tecnológicos e financeiros, a partir da gestão de risco operacional em ativos físicos?

Com este propósito, o trabalho tem o objetivo de propor uma ferramenta de apoio à decisão tática para gestão de ativos industriais, relacionando perdas, riscos e custos às decisões táticas em estratégias de manutenção e projetos, que por sua vez, se melhor estruturadas, impactam significativamente em ganhos associados, progressivamente, a: sistematização do processo de mensuração de riscos operacionais à gestão tática; qualificação dos processos informacionais para decisão em projetos de investimento envolvendo ativos e sistemas de ativos físicos; maior flexibilidade estratégica em setores com estratégia de baixo custo; aumento da produtividade industrial e rentabilidade.

O trabalho está estruturado em três seções: gestão de ativos industriais; gestão de portfólio de projetos baseada em risco; matriz informacional de apoio à decisão tática.

A primeira seção, denominada “Gestão de ativos industriais”, é constituída por três subseções:

- i. *Competitividade: estratégia e eficácia operacional.* Demonstra a relação entre gestão de ativos industriais e gestão estratégica, através da abordagem da competitividade em estratégia de baixo custo total de acordo com objetivos de desempenho da produção específicos aos setores produtores de *commodities*. As principais referências consideradas foram Davis (2001); Kaplan (2004); Falconi (2009); Porter (2009); Slack (2009); Oliveira (2010); Almeida e Novais (2012); CNI (2013).
- ii. *A importância de um sistema de gestão de ativos físicos.* Relaciona os benefícios da gestão de ativos físicos à estratégia da organização, tratando a visão tática de um sistema de gestão de ativos físicos no planejamento e

controle de manutenção. As principais referências consideradas foram Moubray (2000); Lafraia (2001); BSI PAS 55:2008; Gulati (2009).

- iii. *Racionalização da produção a partir da eficiência operacional.* Explora a otimização do sistema produtivo baseada no controle do desempenho operacional de ativos, com a aplicação de métodos e ferramentas da engenharia da confiabilidade para aumento da eficiência operacional. As principais referências consideradas foram Lafraia (2001); O'Connor (2002); Dhillon (2005); Back (2008).

Já a segunda seção, “Gestão de portfólio de projetos baseada em risco”, também constituída por três subseções, aborda:

- i. *Identificação de riscos operacionais nas funções: produção, segurança e meio ambiente.* Trata a sistematização das práticas para identificação de riscos operacionais em ativos físicos, com a quantificação de riscos apoiada pela confiabilidade. As principais referências consideradas foram Lafraia (2001); Narayan (2004); Baraldi (2005); Dhillon (2005); ABNT NBR ISO 31000:2009.
- ii. *Avaliação de riscos operacionais na gestão de portfólio de projetos.* Aborda a qualificação da tomada de decisão em projetos de investimento a fim de se atingir os objetivos estratégicos, fundamentada pela estruturação dos critérios técnicos e financeiros necessários à avaliação de riscos em projetos de ativos físicos. As principais referências consideradas foram Rozenfeld et al. (2006); Rajegopal (2007); PMI (2008).
- iii. *Tomada de decisão em projetos de investimento.* Salienta a fundamentação da análise econômica em decisões da gestão de portfólio de projetos, através da conceituação e descrição dos métodos de análise de investimento VPL, VAUE e TIR. As principais referências consideradas foram Ross (2007); Blank (2008); Assaf Neto (2009).

Por fim, a terceira seção, intitulada “Matriz informacional de apoio à decisão tática”, é constituída pelas subseções:

- i. *Conceitos e fundamentos de um sistema de informação.* Identifica os requisitos funcionais de um sistema informacional de apoio à decisão, conforme características específicas de processos de tomada de decisão na gestão de ativos físicos. As principais referências consideradas foram Robbins (2002); O'Brien (2004); Laudon (2007); BSI PAS 55:2008; ABNT NBR ISO 31000:2009.
- ii. *Matriz informacional de apoio à decisão tática (MIADT).* Apresenta a estruturação da matriz, organização do fluxo informacional e constituição de métricas a partir de combinações entre os elementos matriciais.
- iii. *Mensuração de riscos operacionais.* Exemplifica o processo de determinação da informação de entrada na matriz MIADT, desenvolvendo análises de confiabilidade para modelagem e simulação a partir de dados de falhas funcionais de ativos envolvidos em projetos de investimento de uma empresa do setor de químicos e fertilizantes. As principais referências consideradas foram Lafraia (2001); O'Connor (2002); Todinov (2005); ReliaSoft (2007).

2 GESTÃO DE ATIVOS INDUSTRIAIS

As organizações estão continuamente expostas às mudanças em seu ambiente externo, segundo Chiavenato (2010), decorrentes de aspectos influenciados por mercado, clientes, competições intensas, crises ou oportunidades, novas tecnologias, entre outros. Esse comportamento dinâmico do ambiente externo sugere, como consequência, a permanente revisão de processos internos direcionados a novos produtos ou serviços, processos, metodologias, novos formatos de negócios ou novas tecnologias em implantação, conforme percepção da organização.

Para Falconi (2009), o foco do gerenciamento é estabelecido a partir das metas nos horizontes estratégico, tático e operacional. Entretanto, para maior consistência dos resultados, Rummler¹⁷ (2007) *apud* Falconi (2009) propõe que a organização seja escalonada em três níveis de desempenho essencialmente distintos – Operações, Processos e Organização – estando alinhados com a classificação defendida por Shingo¹⁸ (1989) *apud* Falconi (2009) e adotada na Toyota.

Esses níveis de desempenho podem ser definidos da seguinte forma:

(a) Operação é a sequência de trabalho conduzida por homens e máquinas para agregar determinado valor específico (meta da operação); (b) Processo é uma sequência de valores agregados que resulta no produto final (interno ou externo); (c) Organização é a estrutura de relacionamentos necessária para que a instituição possa cumprir as suas funções. (FALCONI, 2009, p.33)

Embora verificada a distinção entre os níveis de desempenho propostos por Rummler, estes apresentam três necessidades comuns: as metas, o projeto e o gerenciamento. Falconi (2009) destaca o gerenciamento como meio para obtenção de resultados esperados e atingimento de metas, que por sua vez, devem ser atualizadas e orientadas às necessidades da organização. Já o projeto da organização, salienta a atenção necessária à contínua revisão em

¹⁷ RUMMLER, Geary A. *Serious performance consulting*; according to rummler. OR, USA: John Wiley & Sons, 2007. 176 p.

¹⁸ SHINGO, Shigeo. *A study of the Toyota production system*; from an industrial engineering viewpoint. Reviewed edition. New York: productivity Press, 1989. 257 p.

razão de constantes alterações das demandas sobre a organização, desencadeando impacto direto na necessidade ou não de processos e operações. A Figura 2.1 representa a associação dos três níveis de desempenho da organização às três necessidades de desempenho, proporcionando a identificação das variáveis requeridas ao desempenho da organização.

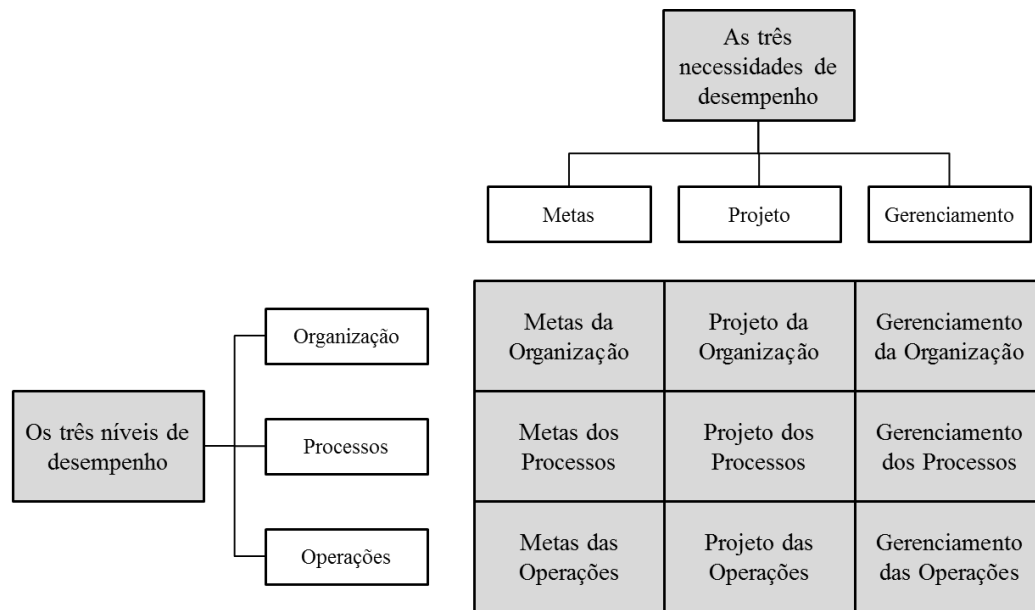


Figura 2.1 – As nove variáveis de desempenho de Rummler.
 Fonte: Rummler (2007) *apud* Falconi (2009, p.36)

Levando em conta as variáveis apresentadas, um desempenho equilibrado buscando a convergência dos objetivos específicos em seus três níveis requer um modelo de gestão holístico e sistêmico no tratamento das metas, com suas práticas sistematizadas, corroborando o princípio de que “a qualidade da tomada de decisão em uma organização depende da seleção de metas adequadas e da identificação de meios para atingi-las” (GIBSON, 2006, p.13).

Nesse sentido, o planejamento de um desempenho eficaz

envolve a especificação não apenas do destino para onde a organização está se dirigindo, como também dos meios para se chegar lá. Mais especificamente, as alternativas devem ser analisadas e avaliadas em termos de critérios baseados nas metas alinhadas à missão. (GIBSON, 2006, p.17)

Em outras palavras, considerando o tema central deste trabalho, o desenvolvimento de um modelo de gestão de ativos industriais torna-se essencial ao sucesso dos processos e das operações, especialmente às organizações onde os ativos físicos representam valor significativo à cadeia produtiva e ao negócio, onde a determinação de uma política de gestão e a congruência de seus benefícios estratégicos sinalizam o direcionamento de processos internos de modo a aproveitar ao máximo a flexibilidade estratégica através de mecanismos intrínsecos ao modelo gerencial adotado. A Figura 2.2 esboça como as dimensões Manutenção, Confiabilidade, Qualidade e Projetos podem ser associadas para orientação dos limites de inter-relacionamento entre as categorias de gestão integradas à gestão de ativos industriais. Os limites de inter-relacionamento (estratégia de produção, eficácia operacional, eficiência operacional e ciclo de vida de ativos físicos) constituem referências para mediação dos interesses específicos às categorias de gestão, conferindo uma capacidade dinâmica de auto equilíbrio da gestão de ativos, a partir da convergência dos objetivos específicos de processos das áreas de manutenção, confiabilidade, qualidade e projetos.

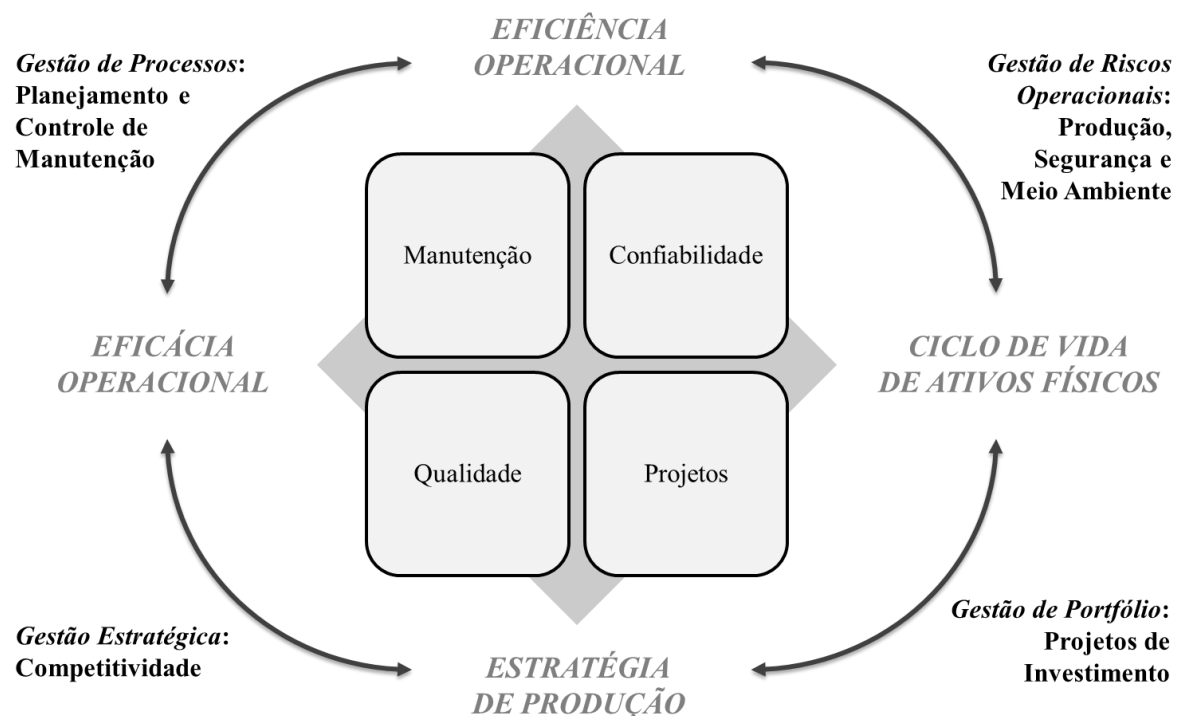


Figura 2.2 – Visão holística das diretrizes estratégicas à gestão de ativos industriais.
Fonte: o autor

A garantia de verificação da esperada convergência desses objetivos específicos deve ser potencializada pela adequada estruturação, planejamento e controle das quatro categorias de gestão integradas ao sistema de gestão de ativos industriais:

- *Gestão de Processos*: atribuída aos processos de manutenção, deve qualificar as atividades de planejamento e controle de manutenção ao atendimento dos interesses específicos de diversas áreas funcionais da organização, principalmente Marketing, Produção, Compras, Contratos e Financeiro. Apresenta como maior objetivo a otimização global do processo produtivo a partir das estratégias, planos, metodologias e tecnologias envolvidos em processos de manutenção, visando a orientação da função operacional requerida e requisitos de desempenho para maior eficiência produtiva;
- *Gestão de Riscos Operacionais*: considerando o nível de desempenho operacional dos ativos físicos, promove a aplicação de metodologias e tecnologias de engenharia da confiabilidade para quantificação de riscos a aspectos de produção, segurança e meio ambiente, de modo a verificar os requisitos do Sistema de Gestão Integrada (SGI) adotados pela organização. Por tratar de análises de dados de vida, baseada em variáveis contínuas em função do tempo de operação ou de ciclos, favorece a visão em longo prazo quanto ao ciclo de vida dos ativos físicos, contribuindo sensivelmente para as decisões técnicas e financeiras em projetos de investimento;
- *Gestão Estratégica*: responsável pelo desenvolvimento e manutenção da competitividade, sua alavancagem pode ser amplamente facilitada pela estruturação das práticas de qualidade, estruturadas por modelos de gerenciamento capazes de integrar uma política consistente de planejamento e controle estratégico, por exemplo, Análise de Falhas (ROM e RNC)¹⁹, Melhoria Contínua, Gestão de Perdas, entre outros;
- *Gestão de Portfólio*: exercendo importante papel no nível de planejamento tático, contribui significativamente para o controle estratégico, principalmente em longo prazo, direcionando as decisões em projetos de investimento de acordo com as estratégias da organização com influência direta na produção industrial.

¹⁹ As siglas ROM e RNC correspondem a relatórios tratados em sistemas de gestão da qualidade. ROM é a sigla de Relatório de Oportunidade de Melhoria, enquanto RNC corresponde a Relatório de Não-Conformidade.

Este capítulo abordará a gestão de ativos físicos destacando a interdependência entre: competitividade, sistema de gestão de ativos físicos, racionalização da produção a partir da eficiência operacional e impacto de riscos operacionais.

2.1 Competitividade: estratégia e eficácia operacional

Um fator importante ao nível de competitividade da organização refere-se à contextualização do setor específico da economia. Independente do nível de compatibilidade entre políticas funcionais e os impactos entre atividades distintas através de seus efeitos, a empresa, considerando sua atividade fim, também tem seu ciclo de vida específico.

A gestão estratégica

deve-se lembrar que uma indústria, ou um setor da economia, também tem um ciclo de vida. Isto é importante, porque o executivo deve saber em que fase do ciclo de vida sua indústria ou setor de atuação está localizada quando está estabelecendo sua estratégia principal. Este conceito de ciclo de vida da indústria ou setor analisa um grupo de indústrias, e não um grupo de produtos ou serviços, tendo como fatores relevantes os aspectos tecnológicos e o ambiente econômico. Tanto o ciclo de vida do produto ou serviço como o ciclo de vida da indústria ou setor apresentam os mesmos estágios, ou seja, a introdução, o crescimento, a maturidade e o declínio. (OLIVEIRA, 2010, p.197)

Baseado, conceitualmente, em um modelo de matriz SWOT²⁰, Oliveira (2010) estabelece referências para diagnóstico da postura estratégica sugerida à empresa. Como resultado dessa análise, o Quadro 2.1 sugere quatro possibilidades de estratégia: sobrevivência, manutenção, crescimento ou desenvolvimento.

²⁰ Philip Kotler define a análise SWOT (sigla referente aos termos *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities*, *Threats*) como uma avaliação global das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, envolvendo os ambientes interno e externo à organização.

			Análise Interna	
			Predominância de:	
			Pontos Fracos	Pontos Fortes
			Análise Externa	Predominância de:
Oportunidades	Crescimento	Desenvolvimento		

Quadro 2.1 – Posturas estratégicas das empresas.

Fonte: OLIVEIRA, 2010, p.123

No âmbito da produção industrial, as estratégias refletem os principais objetivos a serem verificados nas atividades de gestão de ativos físicos relacionadas às áreas de manutenção, confiabilidade, qualidade e projetos. Basicamente, as estratégias requerem maior robustez das atividades vinculadas aos seguintes objetivos:

- Estratégia de sobrevivência: continuidade operacional;
- Estratégia de manutenção: eficiência operacional;
- Estratégia de crescimento: aumento da capacidade instalada;
- Estratégia de desenvolvimento: diversificação de sistemas produtivos.

Apesar das estratégias serem consolidadas pelo aprimoramento das práticas da rotina operacional, principalmente aquelas orientadas por procedimentos e instruções técnicas oriundas do processo de planejamento e controle de manutenção, todas as estratégias são alavancadas a partir de projetos de investimento, aplicados nos níveis de desempenho de processos e operações, principalmente no primeiro caso. Ao tratar a gestão de ativos físicos, a flexibilidade gerencial necessária à estratégia deve estar sustentada por políticas consistentes à gestão de riscos e projetos de investimento. Essa relação entre estratégias, gerenciamento de riscos e projetos de investimento será tratada no Capítulo 3.

Retomando a visão ampla sobre estratégia, Kaplan (2004) salienta duas linhas de organização da estratégia: produtividade e crescimento, respectivamente, equivalentes às posturas estratégicas de sobrevivência/manutenção e crescimento/desenvolvimento, apresentadas por Oliveira (2010). Independente da postura estratégica adotada, “a organização deve medir os poucos parâmetros críticos que representam sua estratégia para a criação de

valor a longo prazo” (KAPLAN, 2004, p.5), projetando os *Balanced Scorecards*, onde, de acordo com Kaplan (2004), a estratégia em organizações do setor privado pode assumir quatro perspectivas: financeira; do cliente; interna; de aprendizado e crescimento.

O nível de desdobramento dessas perspectivas será diretamente proporcional às carências e oportunidades identificadas conforme a postura estratégica estabelecida, proporcionando à organização condições favoráveis para criação de valor compatibilizando as necessidades do ambiente externo e as possibilidades do interno. Na Figura 2.3, Kaplan (2004) ilustra como a organização cria valor a partir de mapas estratégicos.

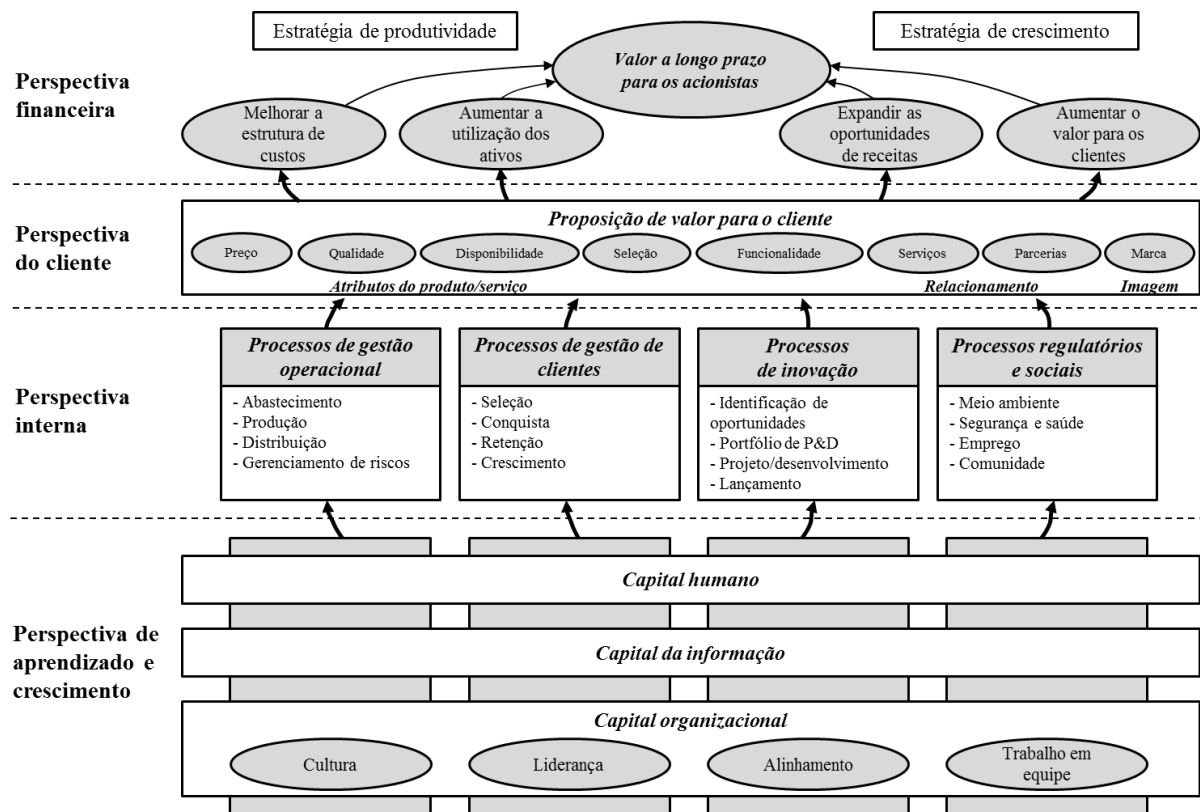


Figura 2.3 – O mapa estratégico representa como a organização cria valor.
Fonte: KAPLAN, 2004, p.11

Alguns pontos importantes para a consistência do mapa descrito estão caracterizados pela hierarquia composta pelas perspectivas, escalonamento do capital na perspectiva de aprendizado e crescimento e, para o nosso estudo em particular, a forte relação entre a estrutura de custos e a utilização dos ativos, alavancados pelos atributos do produto/serviço e de ampla relevância para a estratégia de produtividade.

Apesar da aparente simplicidade lógica para alinhamento entre estratégia e operação verificada no mapa estratégico descrito,

o desenvolvimento da estratégia e a ligação entre estratégia e operação ainda são isolados, não-padronizados e fragmentados. Considerando a variedade de ferramentas de gestão estratégica e de gestão operacional hoje disponíveis, acreditamos que as empresas podem beneficiar-se com a adoção de uma abordagem sistêmica para a integração entre estratégia e operações. Um sistema gerencial abrangente e integrado pode ajudar a superar as dificuldades e frustrações com que se depara a maioria das organizações ao tentar implementar suas estratégias – sobretudo estratégias inovadoras e transformadoras. (KAPLAN, 2008, p.7-8)

As possibilidades de combinação de ferramentas de gestão potencializa, além da abordagem sistêmica, a dinâmica de gestão, trazendo velocidade às decisões entre cenários de oportunidades gerados a partir de uma política flexível, esta essencial à qualificação de processos de gerenciamento. Certamente, as atuais práticas de gestão estratégica ainda carecem de maior valorização de suas políticas funcionais. Gradualmente, de acordo com Porter (2009), a compatibilidade entre políticas funcionais tem sido negligenciada na agenda gerencial, induzindo a não convergência dos objetivos estratégicos específicos às diversas áreas de gestão, desencadeando ineficiência, e até ineficácia em casos mais extremos.

A razão para isso é a postura de executivos, onde

em vez de visualizar a empresa como um todo, os gestores se voltaram para as competências “essenciais”, para os recursos “básicos” e para os fatores críticos do sucesso. Na realidade, a compatibilidade é um componente muito mais central da vantagem competitiva do que indica a percepção da maioria. A compatibilidade é importante porque as atividades distintas em geral afetam umas as outras. (PORTER, 2009, p.59)

Nesse hiato da compatibilidade pairam oportunidades de alto valor à gestão tática, sobretudo aquelas atreladas à inovação de práticas em processos de gestão operacional de alto impacto à atividade operacional da organização. Para Brown (2000), as causas mais frequentes em más decisões estratégicas estão associadas aos fatores críticos de sucesso, tanto em relação à falta de clareza em suas definições, quanto à ausência de boas métricas de

desempenho. Tal diagnóstico compromete a consistência do planejamento em todos os seus níveis, restringindo resultados potenciais em termos de eficácia operacional, produtividade e sustentabilidade. Kaplan (2004) faz uma ressalva quanto à importância da gestão operacional como prioridade nas organizações, embora a estratégia sustentável não dependa exclusivamente da excelência operacional: “sem operações excelentes, as empresas terão dificuldade em executar as estratégias, até mesmo aquelas que não dependam de ter a mais baixa estrutura de custos do setor” (KAPLAN, 2004, p.67).

A excelência em operações contribui diretamente à sustentabilidade, em médio e longo prazo, respectivamente condicionada por fatores internos e externos, equivalentes às perspectivas, interna e do cliente, ilustradas por Kaplan (2004). A Figura 2.4 ilustra o mapa estratégico para gestão operacional, admitindo a perspectiva interna para consolidação de importantes processos que podem ser abrangidos pela gestão operacional: desenvolver e sustentar relacionamentos com os fornecedores; produzir produtos e serviços; distribuir e entregar produtos e serviços aos clientes; gerenciar riscos.

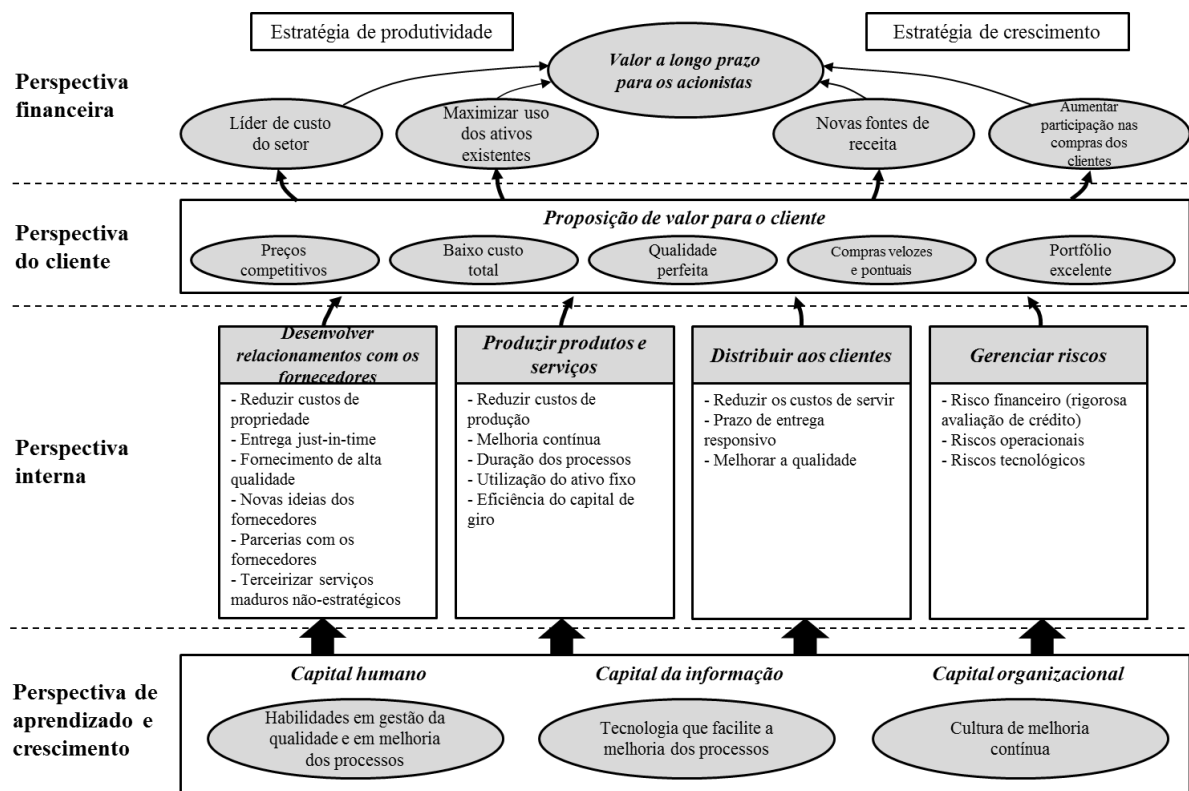


Figura 2.4 – Gabarito de mapa estratégico de gestão operacional.

Fonte: KAPLAN, 2004, p.69

O mapa estratégico destaca como uma das diretrizes da perspectiva financeira para estratégia de produtividade, a maximização do uso dos ativos existentes, que por sua vez, depende muito das proposições de valor de qualidade, de portfólio e de baixo custo total. Para tanto, alguns aspectos são importantes à perspectiva interna sob o foco da gestão de ativos físicos: reduzir custos de produção; melhoria contínua de processos; utilização do ativo físico; duração dos processos (se referente à capacidade dos ativos físicos); riscos operacionais; riscos tecnológicos.

A dimensão do quanto e como tratar esses aspectos, para aprimoramento da gestão de ativos aplicada ao setor industrial, pode ser orientada de acordo com as oportunidades identificadas através de um processo de avaliação e diagnóstico estratégico, contextualizando os ambientes externo e interno para constituição de uma visão holística da indústria.

2.1.1 Contextualização do setor industrial no Brasil

Para contextualização do setor industrial no Brasil foram adotadas duas bases de informações, com fundamentos muito representativos para fins de gerenciamento: desempenho econômico-financeiro e planejamento estratégico. No primeiro caso, a fonte considerada foi o Boletim de Economia²¹, publicado pelo Grupo de Economia da Fundação do Desenvolvimento Administrativo (Fundap), vinculada à Secretaria de Gestão Pública do Estado de São Paulo, enquanto o segundo baseia-se no documento “Mapa estratégico da indústria 2013-2022”²², publicado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI).

No Boletim de Economia, Almeida e Novais (2012) apresentam os resultados de um estudo setorial, intitulado “O desempenho das grandes empresas de capital aberto no período recente (2007-2011) e no primeiro trimestre de 2012”. Esta pesquisa apresenta uma abordagem econômico-financeira das grandes empresas não financeiras de capital aberto no Brasil, com objetivo de avaliar sua rentabilidade e a composição dos seus ativos e passivos.

²¹ Conforme descrito em sua própria seção de apresentação, o Boletim de Economia é uma publicação mensal do Grupo de Economia da Fundap. Composto de três seções (conjuntura econômica, um estudo sobre temas setoriais e anexo estatístico), o Boletim aborda temas de interesse do setor público.

²² Confederação Nacional da Indústria. Mapa estratégico da indústria 2013-2022. – Brasília: CNI, 2013. 137 p.

A partir da análise dos resultados obtidos foi levantada a seguinte questão:

as medidas de estímulo à economia brasileira serão suficientes para reverter as tendências econômico-financeiras das grandes empresas de capital aberto, quais sejam: menor rentabilidade operacional e financeira, baixa capacidade de geração de recursos próprios e recuo do investimento? (ALMEIDA e NOVAIS, 2012, p.3)

Na pesquisa, para análise dos dados de rentabilidade entre 2007 e 2011 foram consideradas 222 grandes empresas de capital aberto, sendo 137 do setor industrial, 71 do setor de serviços e 14 do comércio. São destacadas, a partir da análise dos dados apresentados na Tabela 1, conjunturas que caracterizaram alguns momentos relevantes no período adotado para essa pesquisa.

Entre tais conjunturas verifica-se

o impacto sobre as dívidas em moeda estrangeira da desvalorização verificada no final de 2008 e as perdas com os derivativos cambiais das empresas, que apostavam na valorização do real para obter ganhos financeiros, fizeram com que a margem líquida se retraísse sobremaneira entre 2007 e 2008 [...] nos segundos semestres de 2009 e, particularmente, de 2010, a melhora da atividade econômica estimulada pelos incentivos do governo e pela valorização do real fez ampliar a recuperação da rentabilidade [...] o ambiente econômico no pós-crise de 2008 gerou vantagens às empresas que não sofriam concorrência dos bens importados e que tinham os preços fortemente influenciados pelas cotações das *commodities*. (ALMEIDA e NOVAIS, 2012, p.11-12)

Observando a Tabela 1, e seus reflexos diretos à gestão de ativos industriais, um dado apresenta significativa importância para as políticas e estratégias de gestão: a variação da margem líquida sobre a receita líquida, para os macrosetores “Indústria” e “Indústria sem Petro e Vale”, nos períodos 2007-2010 e 2010-2011, respectivamente, (1,2%) e (-2,4%) para “Indústria”, e (-0,6%) e (-3,3%) para “Indústria sem Petro e Vale”. Analisando a variação desses índices, torna-se evidente a atual tendência de redução da margem líquida e o peso significativo das empresas Vale e Petrobras, produtores de *commodities*, no contexto da indústria nacional.

Tabela 1 – Margem Líquida e Lucro Operacional sobre a Receita Líquida (em %)

Macrossetores	Lucro da Atividade sobre Receita Líquida					Variação em p.p.		Margem Líquida sobre a Receita Líquida					Variação em p.p.	
	2007	2008	2009	2010	2011	2010-2007	2011-2010	2007	2008	2009	2010	2011	2010-2007	2011-2010
COMÉRCIO	7,1%	7,0%	6,1%	7,7%	5,5%	0,6%	-2,2%	3,1%	3,2%	2,7%	3,4%	1,6%	0,2%	-1,7%
INDÚSTRIA	21,0%	21,1%	17,7%	21,0%	19,3%	0,0%	-1,8%	13,6%	10,7%	12,4%	14,8%	12,4%	1,2%	-2,4%
Indústria sem Petrobras	20,8%	20,1%	13,7%	20,9%	19,8%	0,1%	-1,0%	14,1%	8,0%	10,4%	14,0%	11,8%	-0,1%	-2,1%
Indústria sem Petro e Vale	14,4%	16,1%	11,2%	14,4%	11,7%	0,0%	-2,7%	9,4%	2,8%	8,6%	8,8%	5,5%	-0,6%	-3,3%
SERVIÇOS	20,4%	18,2%	18,4%	20,0%	19,1%	-0,5%	-0,9%	12,0%	9,3%	11,1%	11,5%	10,4%	-0,5%	-1,1%
Serviços sem Energia	16,2%	13,9%	14,9%	19,6%	17,4%	3,4%	-2,1%	9,9%	3,5%	11,1%	12,1%	9,3%	2,2%	-2,8%
COMERCIALIZÁVEIS	21,1%	21,3%	17,6%	21,1%	19,6%	-0,0%	-1,5%	13,5%	10,7%	12,2%	14,7%	12,7%	1,2%	-2,0%
NÃO COMERCIALIZÁVEIS	17,9%	16,0%	16,2%	17,6%	15,4%	-0,3%	-2,3%	10,6%	8,3%	9,9%	10,5%	8,2%	-0,1%	-2,3%
TOTAL	20,1%	19,6%	17,1%	19,8%	18,0%	-0,3%	-1,8%	12,6%	10,0%	11,3%	13,1%	11,0%	0,5%	-2,2%

Fonte: Demonstração de resultados de 222 empresas de capital aberto.

Ao contextualizarmos cenários da indústria para aprimoramento de um sistema de gestão de ativos físicos, o desempenho de ativos e sistemas de ativos pode ser avaliado qualitativamente, de modo indireto, através de índices que, em sua composição, contemplem os custos variáveis de produção. Essa abordagem em custos é sensível às variações de custos derivadas do nível de eficiência operacional verificado no processo produtivo, proporcionando a correlação entre os desempenhos técnico e financeiro.

Um dado relacionado aos custos básicos de produção, tratado nesse estudo, é a variação do custo dos produtos vendidos (CVP). Assim como na medição da variação da margem líquida, os macrossetores “Indústria” e “Indústria sem Petro e Vale”, nos períodos 2007-2010 e 2010-2011, também foram considerados na pesquisa, conforme apresentado na Tabela 2:

- Variação do CVP para o macrossetor “Indústria”, nos períodos 2007-2010 e 2010-2011: respectivamente (13,0%) e (18,8%);
- Variação do CVP para o macrossetor “Indústria sem Petro e Vale”, nos períodos 2007-2010 e 2010-2011: respectivamente (16,8%) e (16,5%).

Analisando a variação dos índices atribuídos ao período de 2010-2011, nota-se uma aceleração da taxa de aumento do CVP, quando também consideradas as grandes empresas. Outra constatação importante refere-se a atual tendência dos custos aumentarem a pressão na rentabilidade das grandes empresas brasileiras, visto que a variação de custos (18,8%), se comparada à variação da receita líquida (14,8%), no período 2010-2011, apresenta maior variação. Em outras palavras, os custos das grandes empresas vêm aumentando a uma proporção maior do que o aumento das receitas líquidas, reduzindo a rentabilidade.

Tabela 2 – Receita Líquida, Custo dos Produtos Vendidos (CPV) e Lucro Operacional (em R\$ bilhões)

Macrossetores	Receita Líquida							CPV							Lucro Operacional						
	2007	2008	2009	2010	2011	Cresc .% anual	Var. %	2007	2008	2009	2010	2011	Cresc .% anual	Var. %	2007	2008	2009	2010	2011	Cresc .% anual	Var. %
						2010- 2007	2011- 2010						2010- 2007	2011- 2010							
COMÉRCIO	38,2	46,2	54,7	71,9	101,4	23,5 %	41,1 %	26,7	32,7	39,8	52,3	72,8	25,2 %	39,1 %	2,7	3,3	3,4	5,5	5,6	20,0 %	1,3%
INDÚSTRIA	467,4	584,9	509,6	654,2	750,8	11,9 %	14,8 %	296,6	383,7	341,0	428,0	508,3	13,0 %	18,8 %	98,1	123,2	90,2	137,6	144,6	10,2 %	5,1%
Indústria sem Petrobras	296,9	369,7	326,9	440,9	506,6	14,1 %	14,9 %	192,2	242,1	232,0	292,0	341,4	15,0 %	16,9 %	61,8	74,3	44,7	92,0	100,4	12,9 %	9,1%
Indústria sem Petro e Vale	232,1	299,2	278,4	357,7	403,4	15,5 %	12,8 %	162,1	209,9	204,3	258,2	300,9	16,8 %	16,5 %	33,4	48,1	31,3	51,6	47,3	9,1%	-8,3%
SERVIÇOS	164,2	195,2	205,0	255,0	280,8	15,8 %	10,1 %	92,6	112,4	116,5	142,0	158,3	15,3 %	11,5 %	33,5	35,4	37,8	50,9	53,6	12,4 %	5,3%
Serviços sem Energia	77,2	93,2	102,7	135,6	149,9	20,6 %	10,6 %	47,1	57,2	62,7	77,4	87,5	18,0 %	13,1 %	12,5	13,0	15,3	26,5	26,1	20,2 %	-1,5%
COMERCIALIZÁVEIS	454,8	564,2	481,4	611,6	702,5	10,4 %	14,9 %	289,8	371,9	323,9	401,3	476,4	11,5 %	18,7 %	95,9	120,1	84,7	128,9	137,7	9,5%	6,8%
NÃO COMERCIALIZÁVEIS	215,0	262,1	288,0	369,5	430,5	19,8 %	16,5 %	126,1	156,8	173,4	221,0	263,0	20,6 %	19,0 %	38,5	41,8	46,6	65,1	66,1	14,5 %	1,5%
TOTAL	669,8	826,3	769,4	981,1	1133,0	13,6 %	15,5 %	415,9	528,8	497,3	622,3	739,3	14,4 %	18,8 %	134,3	161,9	131,4	194,0	203,8	11,0 %	5,0%

Fonte: Demonstração de resultados de 222 empresas de

Já na contextualização em termos da visão estratégica da indústria, a CNI, com o envolvimento de mais de 500 representantes empresariais, apresenta a sua visão para o país através do Mapa Estratégico da Indústria 2013-2022, fundamentada na percepção do futuro da indústria no Brasil, em função da “capacidade de atuar sobre os problemas, do desenvolvimento de novas competências em educação e inovação e da adaptação às condições da economia global” (CNI, 2013, p.9). Basicamente, o documento define as ações necessárias para o crescimento sustentável, além de reflexões sobre eventuais questões, impeditivas ou limitantes.

Os objetivos e ações estratégicos devem permear a sustentabilidade, constituindo um ambiente de gestão que qualifique os processos decisórios e influencie as posições das camadas de todo setor industrial, públicas ou privadas. Isto é claramente representado pela restrição quanto à relação condicional entre competitividade e sustentabilidade: “o objetivo central do Mapa Estratégico da Indústria 2013-2022 é a competitividade com sustentabilidade. A essência da visão é que, até 2022, a indústria brasileira alcançará um elevado grau de competitividade internacional, respeitando critérios de sustentabilidade.” (CNI, 2013, p.23).

Em razão do caráter multidimensional da competitividade, CNI (2013) adota a estratégia de atuar nos fatores-chave à competitividade da indústria brasileira na próxima década, considerando duas dimensões para alavancagem da produtividade, considerada o principal determinante nesse processo. Essas duas dimensões são a empresa e o ambiente externo. Enquanto a primeira enfatiza a estratégia e as ações na operação, a segunda aborda aspectos externos com influência à operação da empresa, porém não de controle da organização. Sustentados nessas duas dimensões, dois critérios principais fundamentaram a proposição e a seleção dos fatores-chave: o impacto relevante e direto na competitividade da indústria; e a abrangência e durabilidade do impacto do fator-chave, em termos de ganhos de produtividade. Para determinação dos fatores-chave e seus focos de atuação, CNI (2013) ressalta a verificação das mudanças em curso, no Brasil e no mundo, com forte impacto na atividade industrial, conforme oportunidades e ameaças desencadeadas, estabelecendo os seguintes grupos de classificação dos fatores-chave:

- *Educação*: fundamentais para a inovação, a educação e a formação profissional proporcionam um ambiente favorável à atividade empresarial;

- *Ambiente de atuação da indústria:* ambiente macroeconômico, eficiência do Estado, segurança jurídica e burocracia, e desenvolvimento de mercados constituem fatores-chave que desencadeiam condições favoráveis à presença e influência de demais fatores;
- *Impactam diretamente em custos de produção e de investimentos:* representam os gargalos a serem atacados pelas políticas públicas e por meio da atuação empresarial, influenciando as condições de oferta. São eles a tributação, o financiamento, as relações de trabalho e a infraestrutura;
- *Inovação e produtividade:* ligado às competências da empresa industrial.

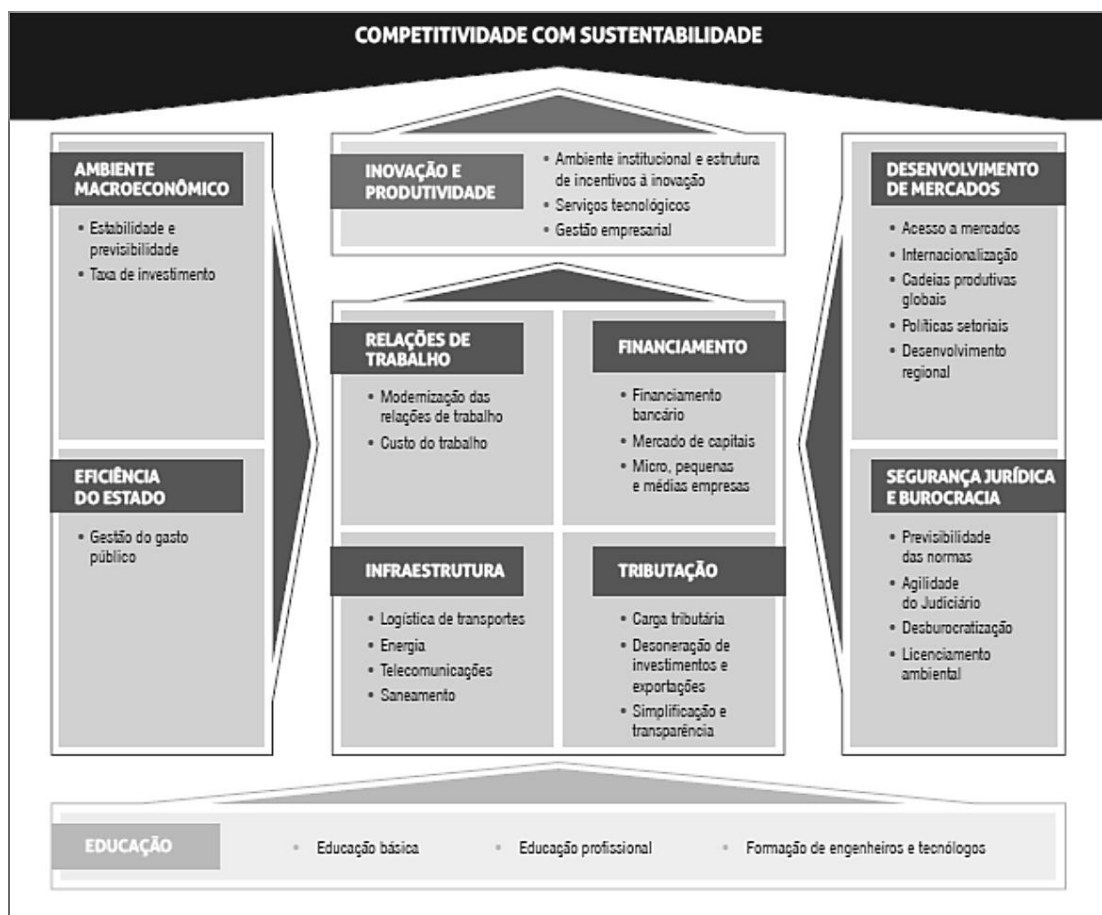


Figura 2.5 – Diagrama do mapa estratégico da indústria 2013-2022.
Fonte: CNI, 2013, p.26

Entre os fatores-chave, a produtividade e a inovação apresentam uma relação direta com a sustentabilidade, em razão dos ganhos de produtividade reduzirem o uso de recursos naturais e eliminarem desperdícios. Por sua vez, a inovação acarreta a redução dos impactos

ambiental e social, em decorrência do desenvolvimento de novos produtos, processos e modelos de negócio.

Além da sustentabilidade, a competitividade também representa uma forte relação com a produtividade, no ambiente interno da indústria, esta podendo ser maximizada através de economias de escala ou melhoria da gestão, fundamentalmente pelas próprias experiências a partir da consolidação do processo de “aprender fazendo”. As possibilidades com esse processo habilitam as dinâmicas de educação e formação profissional, essenciais à criação de valor às operações de produção. Todavia, para a continuidade dos ganhos de produtividade em longo prazo, faz-se necessária a adoção da inovação, como uma estratégia para novos processos ou métodos gerenciais.

Em uma breve análise para comparação com o cenário internacional, a CNI (2013) destaca que, entre 2000 e 2010, a produtividade na indústria de manufatura do Brasil registrou um crescimento médio de apenas 0,6% ao ano, ficando muito aquém da obtida por países como Coreia do Sul (5,6%), Estados Unidos (5,2%), Cingapura (3,4%), Reino Unido (3,1%) e Austrália (2,0%), apesar do aumento dos gastos empresariais em pesquisa e desenvolvimento no Brasil. A visão para 2022 contempla o estímulo à inovação das empresas de todos os portes, apoiado no ambiente institucional e na estrutura de financiamento e incentivos considerados. Como impacto direto da inovação, há a tendência de ampliação substancial da oferta de serviços tecnológicos à indústria nacional, bem como a maior capacidade de investimentos para contínua contribuição ao aumento da produtividade, seja em novas tecnologias e processos, seja na adoção de novos modelos de gestão.

**INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE:
Aumentar a produtividade da indústria**

Temas prioritários	Objetivos prioritários
Ambiente institucional e de incentivos à inovação	Melhorar o ambiente institucional
	Facilitar o acesso a financiamentos e incentivos
Serviços tecnológicos	Aumentar a oferta de serviços tecnológicos para as empresas
Gestão empresarial	Melhorar a qualidade da gestão empresarial

Quadro 2.2 – Inovação e produtividade: aumentar a produtividade da indústria – temas e objetivos.
Fonte: adaptado de CNI (2013)

Entre os três temas prioritários, descritos no Quadro 2.2, o que objetiva a melhor qualidade da gestão empresarial apresenta grande importância para a questão da gestão de ativos industriais, em razão da alta contribuição dos processos de qualidade na gestão de ativos físicos, sendo diretamente atrelados às atividades de projeto e manutenção para o gerenciamento da estratégia de produção e eficácia operacional, respectivamente, conforme ilustrado na *Figura 2.2 – Visão holística das diretrizes estratégicas à gestão de ativos industriais*. Nesse processo de inovação tecnológica, ao considerar os ganhos de competitividade para a organização, “a ação se concentra no aumento da produtividade e da qualidade do produto e do processo produtivo” (CNI, 2013, p.93), sobretudo em função de investimentos para adequação de processos conforme referências do mercado e com valor agregado superior ao dos concorrentes, configurando a capacidade de gestão como componente central requerido pela dinâmica de mercados.

Nesse contexto, a inovação organizacional torna-se requisito fundamental para a sustentação de “processos cada vez mais enxutos e produtivos, estruturas organizacionais mais descentralizadas e flexíveis e organizações mais conectadas ao ambiente externo para captar mais rapidamente as mudanças nos padrões tecnológicos e de consumo” (CNI, 2013, p.93). Dessa forma, os processos de gestão deverão estar alinhados com os requisitos do ambiente externo e a capacidade do ambiente interno, potencializados pela constante verificação de fatores críticos e métricas associadas aos objetivos de desempenho sensíveis à estratégia de produção específica.

2.1.2 Estratégia de produção

A partir da contextualização dos atuais cenários de desempenho econômico-financeiro e planejamento estratégico, torna-se mais consistente a determinação das oportunidades para estratégia de produção, visando o desenvolvimento e a consolidação da vantagem competitiva oriunda de processos internos associados à atividade industrial. Um ponto importante a ser considerado quando o foco está no ambiente interno é o entendimento, como cliente, de todos os agentes “receptores” nos processos internos. Essa percepção é fundamental para a visão de Davis (2001) ao atribuir à prioridade ou às prioridades competitivas, selecionadas para apoiar

uma determinada estratégia, a responsabilidade pela agregação de valor para os clientes, constituindo assim o fator-chave para o desenvolvimento de uma estratégia de produção efetiva, favorecendo o alinhamento espontâneo entre as prioridades competitivas e as competências centrais, estas como meio de obtenção das prioridades competitivas.

Portanto, a estratégia de produção está

preocupada com o desenvolvimento de um planejamento de longo prazo para determinar como melhor utilizar os principais recursos da empresa, de modo que haja um alto grau de compatibilidade entre esses recursos e a estratégia corporativa de longo prazo da companhia. A estratégia de produção aborda questões muito amplas sobre como esses grandes recursos deveriam ser configurados, a fim de se alcançar os objetivos corporativos desejados. (DAVIS, 2001, p.42)

As estratégias de produção são geradas a partir de objetivos de desempenho. A especificação dos objetivos de desempenho aplicáveis à estratégia da organização deve contemplar, numa visão ampliada, necessidades e restrições atreladas aos requisitos dos *stakeholders* relevantes ao processo decisório da produção. Entretanto, para o nível operacional, far-se-á adequado um rol de objetivos estritamente definidos para atendimento às exigências dos clientes. Cinco são os objetivos de desempenho básicos, aplicáveis a qualquer tipo de operação produtiva, definidos por Slack (2009):

- *Qualidade*: com maior influência na satisfação ou insatisfação de clientes externos e internos, visa a execução de operações em conformidade com requisitos previamente estabelecidos;
- *Velocidade*: na operação interna, reflete a rapidez na tomada de decisão, na movimentação de materiais e no fluxo de informações associado aos processos internos;
- *Confiabilidade*: adotando a operação interna, os clientes internos avaliarão o nível de confiabilidade entre os processos internos, seja em relação a materiais ou a informações;
- *Flexibilidade*: capacidade de alterar o que a operação faz, como faz ou quando faz, devendo satisfazer a quatro tipos de exigências (produto/serviço, composto, volume e entrega);

- *Custo*: objetivo universalmente atraente, principalmente em empresas que concorrem diretamente em preço, onde assume o papel decisivo na análise de estratégias de produção, decorrente da consolidação de fatores internos associados aos demais objetivos de desempenho à produtividade total, com uma fração desta refletida diretamente em custo.

Os valores gerados pelos os objetivos de desempenho são definidos por Slack (2009) conforme apresentado no Quadro 2.3. Observa-se que esses valores estão, conceitualmente, tratados no gabarito de mapa estratégico de gestão operacional elaborado por Kaplan (2004), citado na Figura 2.4 deste trabalho. A ineficiência, ou até ineficácia, quanto à proposição de valor para o cliente, pelos objetivos de desempenho da produção, provoca maior vulnerabilidade aos resultados esperados à produção industrial, em decorrência do não atendimento dos atributos da perspectiva do cliente em função de falhas em processos associados à perspectiva interna, basicamente, aqueles que impactam fortemente em custos, como por exemplo, gestão e aquisição de materiais, gestão de operações, gestão de riscos, entre outros.

Objetivos	Valor gerado
<i>Qualidade</i>	Reduz custos
	Aumenta a confiabilidade
<i>Velocidade</i>	Reduz estoques
	Reduz riscos
<i>Confiabilidade</i>	Economiza tempo
	Economiza dinheiro
	Dá estabilidade
<i>Flexibilidade</i>	Agiliza a resposta
	Economiza tempo
	Mantém a confiabilidade

Quadro 2.3 – Valor gerado pelos objetivos de desempenho da produção.
Fonte: adaptado de Slack (2009)

Um contexto particular, e muito relevante na indústria brasileira, é caracterizado pela produção de *commodities*. Davis (2001) destaca que esses produtos são vendidos

essencialmente com base em custos, não sendo possível a diferenciação entre produtos feitos por duas firmas diferentes. Por apresentarem um alto nível de padronização, são produzidos altos volumes, o que torna ainda mais crítico, em termos de oportunidades, o custo unitário de produção pelo seu forte impacto na rentabilidade da produção industrial.

Uma visão importante a respeito desse contexto, é que

esse segmento do mercado costuma ser muito grande, e muitas empresas iludem-se pelo potencial de lucros significativos que estão associados com grandes volumes de produção. Como consequência, a concorrência nesse segmento é excessivamente acirrada – e assim também é a taxa de insucessos. Afinal, só pode haver um produtor de baixo custo, e essa empresa costuma estabelecer o preço de venda no mercado. (DAVIS, 2001, p.44)

Visando atingir essa condição de estabelecer o preço de venda no mercado de *commodities*, as empresas devem buscar continuamente a redução de custos, mantendo, é claro, os níveis de qualidade em processos e a verificação dos requisitos de clientes em seus produtos e serviços. Nessa direção, Slack (2009) defende a redução de custo por meio da estratégia interna, a partir da ideia de que os objetivos de desempenho possuem vários efeitos internos específicos, porém todos eles impactam em custo, ou seja, o desempenho de custo pode ser amplamente aprimorado a partir do aprimoramento dos outros objetivos operacionais de desempenho, de acordo com as relações ilustradas a seguir:

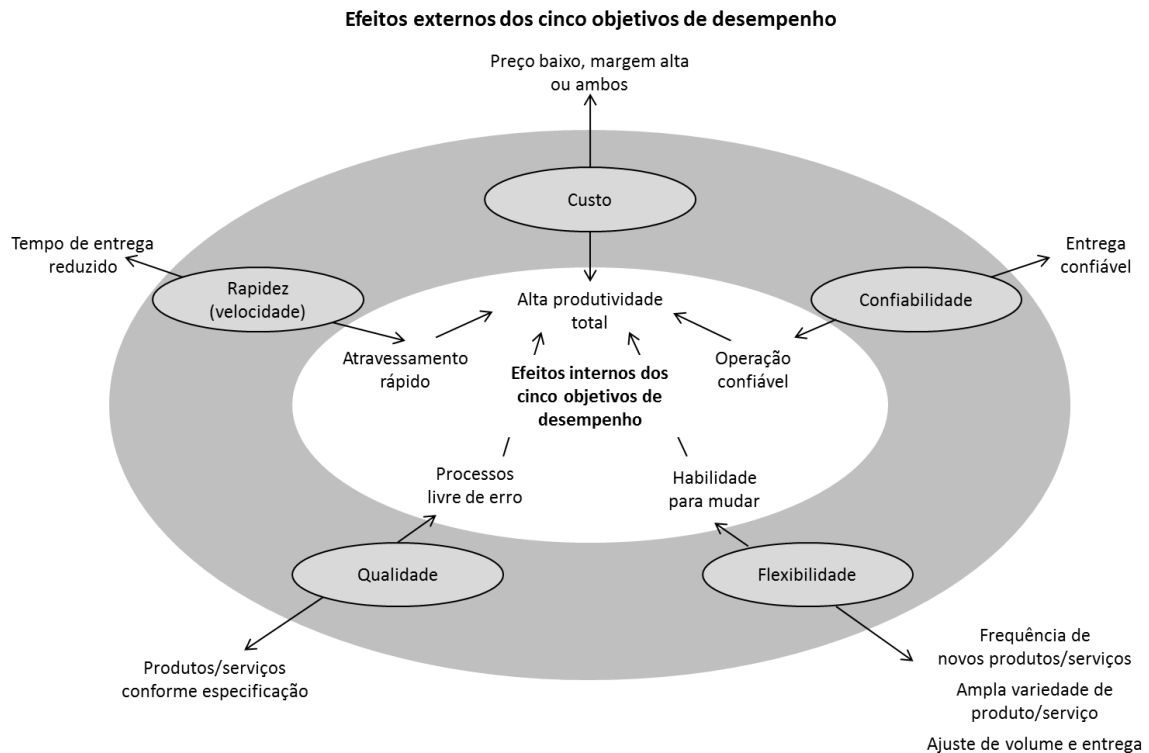


Figura 2.6 – Objetivos de desempenho provocam efeitos externos e internos. O custo interno é influenciado por outros objetivos de desempenho.

Fonte: SLACK, 2009, p.51

Ao realizar uma oportunidade para ganhos em produtividade total, inevitavelmente deve-se avaliar, conforme sinalizado na Figura 2.6, os efeitos internos dos cinco objetivos de desempenho e os níveis de convergência entre si, de maneira a direcionar as decisões em estratégias de produção ao aumento da produtividade, a partir do tratamento de fatores internos do ambiente produtivo. Essas ações para aumento da produtividade requerem a aplicação de recursos físicos e financeiros, que, se empenhados em atividades operacionais internas, tendem a impactar desfavoravelmente à composição do custo total de produção. Diante dessa tendência e da visão em alta produtividade total, a implementação da estratégia de baixo custo total constitui um interessante posicionamento da organização à excelência em processos produtivos.

2.1.3 Estratégia de baixo custo total

O entendimento das relações entre os objetivos de desempenho e seus efeitos internos amplia o horizonte de técnicas gerenciais para sustentabilidade da estratégia de baixo custo total, não somente pelos objetivos de desempenho em si, mas, fundamentalmente, pelas formas que as inter-relações entre as restrições técnicas dos processos são respeitadas e correlacionadas de acordo com os diferentes níveis de planejamento.

A estratégia adotada somente proporcionará resultados significativos e duradouros se houver a sistematização das práticas táticas e operacionais, estas, obrigatoriamente, em conformidade com as diretrizes estratégicas determinadas. Esta sistematização engloba processos relacionados à operação, manutenção, projeto, suprimento e gerenciamento, que devido sua abrangência à produção, permite atingir níveis de excelência na eficácia operacional.

Considerando níveis de excelência,

imagine por um momento uma fronteira da produtividade constituída da soma de todas as melhores práticas existentes num determinado momento. Pense nela como o valor máximo que uma empresa é capaz de proporcionar com o fornecimento de um certo produto ou serviço, a um dado custo, utilizando os melhores recursos disponíveis em termos de tecnologia, habilidade, técnica gerencial e insumos de terceiros [...] Ao melhorar a eficácia operacional, a empresa se movimenta em direção à fronteira. Para tanto, talvez necessite de investimentos de capital, de mudança de pessoal ou, simplesmente, de novos métodos de gestão. (PORTER, 2009, p.40)

A Figura 2.7 ilustra o comportamento da fronteira da produtividade, baseado na relação entre eficácia operacional e posicionamento estratégico. Ponto de destaque em sua análise, o aprimoramento das práticas operacionais para gestão de ativos físicos desloca a fronteira conforme novas referências para disponibilidade, desempenho e qualidade.

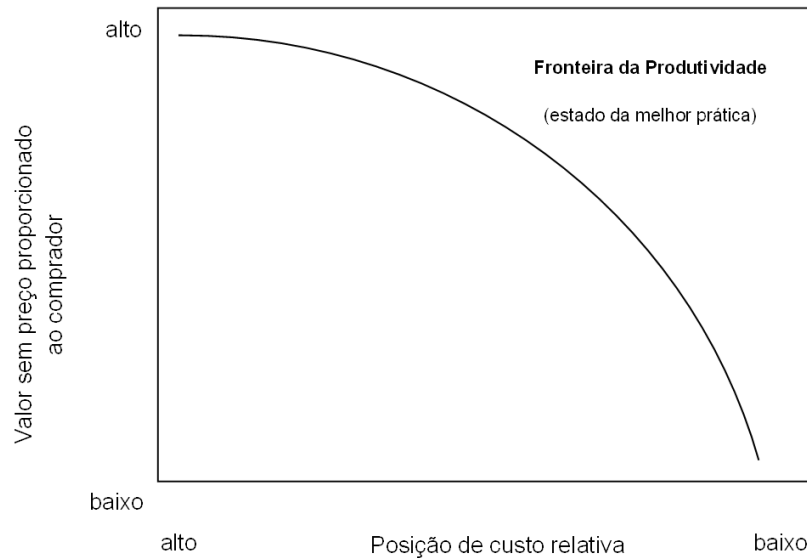


Figura 2.7 – Eficácia operacional *versus* posicionamento estratégico.
Fonte: PORTER, 2009, p.39

Com o aprimoramento das práticas operacionais, Porter (2009) sinaliza a espontânea expansão contínua da fronteira da produtividade, em função de novas tecnologias e abordagens gerenciais, e da disponibilidade de novos insumos. Esse aumento do nível de excelência em processos permite sensíveis melhorias na produtividade industrial e na utilização dos ativos, incluindo os físicos, podendo aproveitar oportunidades decorrentes da implementação de diversas atividades para racionalização da produção, como por exemplo, a produção enxuta. “Na esperança de acompanhar os deslocamentos na fronteira da produtividade, os gestores aderiram à melhoria contínua, à capacitação do pessoal, à gestão da mudança e à denominada organização que aprende” (PORTER, 2009, p.40). Todavia, o fator custo apresenta-se de modo determinante para a rentabilidade, principalmente quando a estratégia requer melhor eficiência dos processos, consequentemente a maximização dos ativos.

Porter (2009) defende a ideia de que uma empresa só é capaz de apresentar um desempenho superior aos dos concorrentes, caso estabeleça uma diferença preservável, seja pelo maior valor proporcionado aos clientes ou por um valor comparável a um menor custo, ou ambas as condições. A partir de então, é possível estabelecer relações que sustentam a rentabilidade superior, sendo verificado impacto direto em termos de preços e custos, conforme a seguir:

- ✓ Fornecimento de maior valor → preços unitários mais elevados;
- ✓ Maior eficiência → custos unitários médios mais baixos.

Para obtenção da rentabilidade superior, a gestão de ativos industriais auxilia, e muito, à redução dos custos unitários médios, seja por ganhos na eficácia operacional do processo produtivo, decorrentes da maior confiabilidade adquirida, como também pela redução dos custos de operação e manutenção devido à menor variabilidade do processo produtivo, proporcionando a redução do consumo de insumos e menor desgaste de equipamentos, estes motivados pelo melhor controle de desempenho do sistema produtivo.

Visando a obtenção desses ganhos,

a busca da produtividade, da qualidade e da velocidade disseminou uma quantidade extraordinária de ferramentas e técnicas gerenciais: gestão da qualidade total, *benchmarking*, competição baseada no tempo, terceirização, parceria, reengenharia e gestão da mudança. Embora as melhorias operacionais daí resultantes muitas vezes tenham sido drásticas, muitas empresas se frustraram com a incapacidade de refletir estes ganhos em rentabilidade sustentada. E aos poucos, de forma quase imperceptível, as ferramentas gerenciais tomaram o lugar da estratégia. À medida que se desdobram para melhorar em todas as frentes, os gestores se distanciam cada vez mais das posições competitivas viáveis. (PORTER, 2009, p.38)

A não distinção entre eficácia operacional e estratégia, como consequência, tende a levar as práticas à estagnação, reféns de si mesmas, comprometendo a identificação e viabilização de novas oportunidades estratégicas para a empresa, que por sua vez, estabeleceriam novos horizontes de rentabilidade em médio e longo prazo. Ao visar à rentabilidade superior através do aprimoramento dos processos internos, a organização adere naturalmente a uma proposta de competitividade baseada em custos, que, segundo Porter

(2009), são gerados pelo desempenho das atividades, com suas vantagens estabelecidas pela execução de determinadas atividades de forma mais eficiente do que os concorrentes. Da mesma forma, a diferenciação é resultante da escolha e do modo como as atividades são desempenhadas, constituindo as unidades básicas da vantagem competitiva.

Analisando a vantagem baseada em custos, sob a perspectiva do cliente, Kaplan (2004) inclui o custo das falhas e o de detectar e reparar defeitos no custo total de aquisição e utilização do produto ou serviço. Assim, as organizações que adotarem uma estratégia de baixo custo total devem desenvolver processos operacionais de alta qualidade, minimizando o custo total de aquisição e utilização para o cliente.

A Figura 2.8 apresenta

o mapa estratégico genérico da estratégia e baixo custo total. Os principais processos internos situam-se dentro do grupamento de gestão operacional. As empresas que seguem as melhores estratégias de baixo custo total [...] devem manter relacionamentos duradouros com fornecedores excelentes. Além disso, essas empresas precisam desenvolver processos operacionais altamente eficientes, que convertam os *inputs* dos fornecedores em *outputs* – produtos e serviços – para os clientes. Esses processos de conversão devem não só ser os de mais baixo custo do setor, mas também sobressair pela consistência, pela alta qualidade e pela extrema responsividade, além da curta duração do ciclo de conversão dos *inputs*, ou especificações dos clientes, em *outputs*. Os processos de distribuição para os clientes também devem ser de baixo custo, pontuais e isentos de erros. Essas empresas gerenciam seus riscos operacionais para maximizar a disponibilidade e minimizar as rupturas para os clientes. (KAPLAN, 2004, p.331)

Uma questão relevante em ambientes industriais com forte influência dos ativos físicos é o desempenho nos processos regulatórios e sociais, que, segundo Kaplan (2004), devem ser continuamente tratados visando à mitigação dos riscos aos clientes, sejam riscos operacionais à produção, segurança ou meio ambiente.

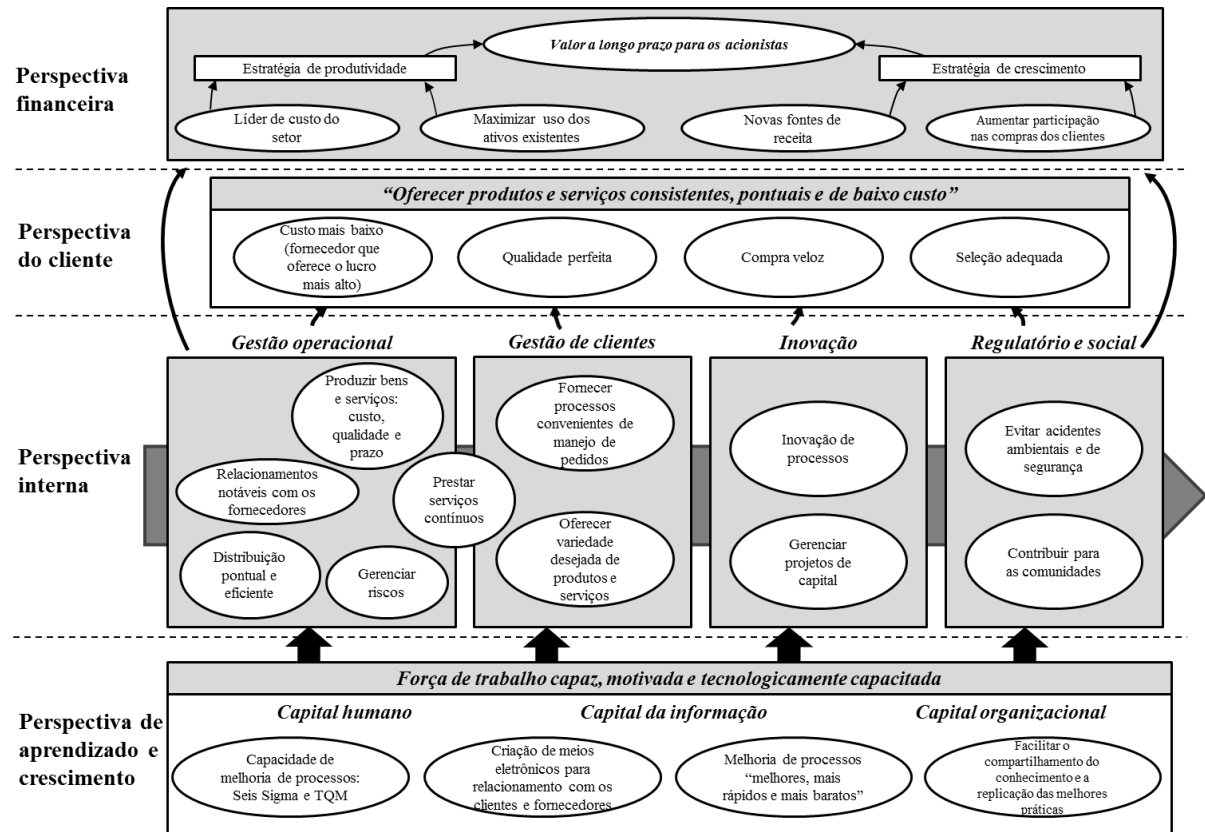


Figura 2.8 – Modelo de mapa estratégico: baixo custo total.

Fonte: KAPLAN, 2004, p.332

2.2 A importância de um sistema de gestão de ativos físicos ²³

A competitividade industrial, principalmente em setores produtores de *commodities*, requer um ambiente interno favorável a grandes volumes de produção e baixos custos operacionais. Estas condições devem ser sustentadas, tecnologicamente, pelo equilíbrio entre as estratégias para projetos de capital e a eficiência operacional esperada, de modo a conferir maior flexibilidade à gestão estratégica para ajustes e validação do planejamento tático.

Para apoio às diretrizes táticas, os requisitos de desempenho dos sistemas de ativos devem fundamentar alguns indicadores de planejamento e controle da produção,

²³ Subseção desenvolvida a partir de texto elaborado pelo autor, disponibilizado desde 26/02/2013 no *website* da empresa Souza e Silva Consultoria, <<http://www.souzaesilvaconsultoria.com.br>>, empresa com atividades de consultoria em gestão de ativos industriais.

maximizando a eficiência operacional a partir da racionalização do consumo de insumos e do atendimento à qualidade requerida pelo processo produtivo. Outro fator imprescindível à eficiência operacional é a capacidade de produção sustentada pela manutenção da disponibilidade funcional dos ativos e dos sistemas de ativos, de acordo com as condições operacionais especificadas em projeto. Por essas razões, a eficiência operacional merece especial atenção ao longo do ciclo de vida do ativo conforme determinação de cenários a sua vida útil, seja ela operacional ou econômica.

Nesse processo, a gestão de riscos torna-se importante instrumento à eficiência operacional, através da aplicação de métodos e ferramentas para o processo de identificação e avaliação de riscos, conforme orienta a norma *ABNT NBR ISO/IEC 31010:2012 Gestão de riscos — Técnicas para o processo de avaliação de riscos*. Aliadas a esse processo, análises quantitativas, resultantes do desenvolvimento de modelos probabilísticos decorrentes de técnicas de Engenharia da Confiabilidade, consolidam a projeção dos indicadores de desempenho com confiável referência quanto ao grau de incerteza para o planejamento de cenários em todos os níveis da organização, contribuindo para maior agregação de valor aos ativos. Em relação à gestão desses ativos, no sentido de especificar práticas para otimização da gestão de ativos físicos, a BSI PAS 55:2008 trata a gestão dos ativos em todo seu ciclo de vida, estabelecendo os requisitos de um sistema para a gestão de ativos físicos e sistemas de ativos. A BSI PAS 55:2008 também fornece diretrizes no estabelecimento, na implementação, na manutenção e melhoria de um sistema de ativos e sua coordenação com outros sistemas de gestão.

Nos últimos anos, em setores onde os ativos físicos apresentam expressivo impacto ao negócio, o consenso internacional sobre os benefícios resultantes do processo de gestão de um sistema de ativos adquiriu maior vigor, basicamente em função da otimização do desempenho de sistemas combinada à racionalização da gestão de custos por todo o ciclo de vida dos ativos, mediante aprimoramento das estratégias e de boas práticas aplicadas à manutenção, confiabilidade, qualidade e projetos. Tal efeito é assegurado, segundo os princípios da BSI PAS 55:2008, por uma gestão holística, sistemática, sistêmica, baseada em risco, ótima, sustentável e integrada. Assim sendo, a estrutura de um sistema de ativos oferece novas perspectivas às estratégias envolvendo mercado, tecnologia e capital, corroborando o planejamento estratégico organizacional.

Para alavancagem das oportunidades de ganho compartilhado a essas três dimensões – mercado, tecnologia e capital – a organização deve apresentar um comportamento estratégico dinâmico, marcado pela visão sistêmica, mapeando e potencializando as relações entre processos internos e seus respectivos estímulos determinados pelo ambiente externo.

Na visão sistêmica,

a empresa deve ser visualizada como um conjunto de partes em constante interação, constituindo-se um todo orientado para determinados fins, em permanente relação de interdependência com o ambiente externo. A adoção do enfoque sistêmico, encarando a organização como um macrosistema aberto interagindo com o meio ambiente, pode ser entendida como um processo que procura converter recursos em produtos – bens e serviços –, em consonância com seu modelo de gestão de negócios e objetivos corporativos. (TACHIZAWA, 2006, p.42-43)

Um eficiente modelo de gestão de ativos físicos exige, em termos de excelência operacional, alta qualificação das práticas pertinentes aos processos das dimensões manutenção, confiabilidade, qualidade e projetos. A relação entre manutenção e confiabilidade suporta as ações de rotina operacional, enquanto confiabilidade e projetos desenvolvem atividades baseadas em objetivos e estratégias em médio e longo prazo. Já a qualidade está presente em todo processo de gestão, sistematizando as ações, de medição e controle, relacionadas às práticas de gerenciamento das operações.

A implementação da especificação BSI PAS 55:2008 deve proporcionar à organização condições para integração do sistema de gestão de ativos a outros sistemas de gestão associados, em virtude disso, sua estrutura, ilustrada na Figura 2.9, está organizada de modo análogo à metodologia PDCA²⁴, apresentando as fases: planejar, desenvolver, controlar e agir. Na estrutura do sistema de gestão, a política da gestão de ativos e os requisitos associados à estratégia, objetivos e planos da gestão de ativos apresentam necessidades e oportunidades com aspectos funcionais característicos à visão estratégica da organização, já discutidos na abordagem da competitividade. Quanto aos demais requisitos, aqueles influentes ao nível de

²⁴ O método gerencial PDCA (*Plan – Do – Check – Act*) é apresentado por Falconi (2009) como um método de solução de problemas oriundo dos japoneses e difundido mundialmente, além de constituir a alma do Sistema Toyota de produção, segundo a referência: SOBEK, Durward K. et al. *Understanding A3 thinking: a critical componente of Toyota's PDCA management system*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2008.

planejamento tático da gestão de ativos industriais serão retomados oportunamente na sequência deste trabalho.

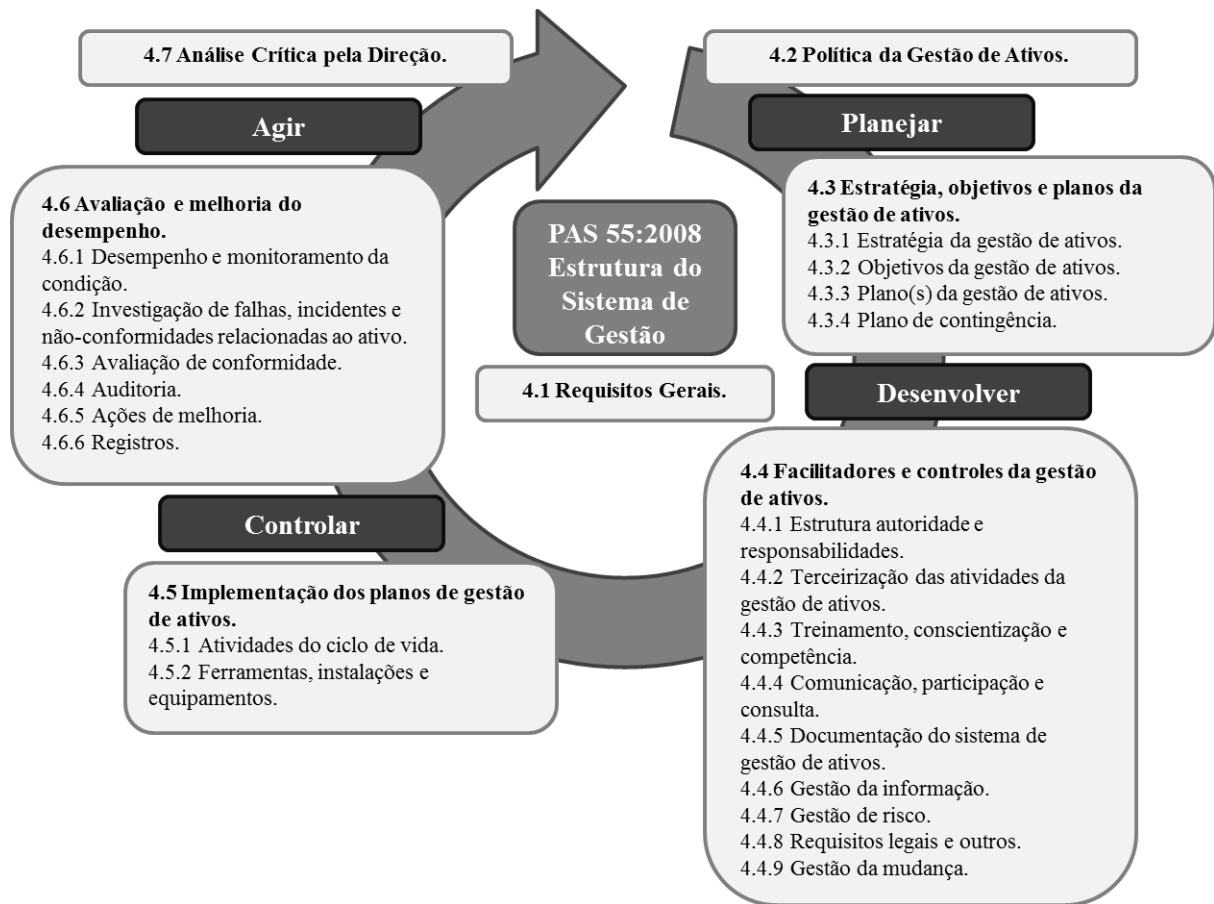


Figura 2.9 – Estrutura do PAS 55-1:2008.
Fonte: BSI PAS 55-1, 2008, p.XIV

2.2.1 Evolução histórica da manutenção

Parte integrante do ambiente produtivo, a manutenção industrial deve ser tratada com um olhar além da visão operacional. Por ser o principal agente responsável pela manutenção, não apenas quanto à deterioração física dos ativos, mas, principalmente, pela manutenção da disponibilidade das condições operacionais de ativos e sistemas de ativos, de modo a promover as funções e padrões de desempenho requeridos, a manutenção industrial apresenta

uma dinâmica em seus processos com forte impacto tático para o planejamento estratégico da organização.

Por essa questão estratégica, os objetivos da manutenção industrial devem estar sempre fundamentados em aspectos gerenciais, apoiados nas estratégias da organização e na capacidade de otimização dos processos internos de produção, principalmente em relação à eficiência operacional. Para Gulati (2009), a manutenção tem a função de manter e reparar o ativo de modo a garantir um bom estado de funcionamento, visando sua capacidade plena de produção. Ele também apresenta uma definição mais ampla, atribuindo à manutenção o papel de eliminar ou minimizar as perdas funcionais ou por desempenho, evitando a ocorrência de falhas e consequente execução de tarefas corretivas para restauração da condição operacional do ativo. Esta definição enriquece a visão estratégica da função manutenção, pois direciona o planejamento da estratégia conforme a função operacional requerida e os padrões de desempenho do ativo de acordo com os requisitos de clientes envolvidos em todo processo de produção.

Esta conotação mais estratégica da manutenção, expandindo seu horizonte, até então essencialmente operacional, carece do desenvolvimento de um sistema de gestão capaz de contribuir para a competitividade da empresa, tanto em aspectos estratégicos como operacionais, fortalecendo as relações com os processos das áreas de projetos e produção, respectivamente. Segundo Moubray (2000), uma nova abordagem gerencial para a manutenção busca um esquema estratégico que sintetize os novos avanços em um modelo coerente, de modo que possam avaliá-los racionalmente e aplicar aqueles mais prováveis de apresentarem maior valor para os gerentes e suas empresas. A manutenção está correspondendo às novas expectativas sobre sua função, que incluem uma crescente conscientização do risco de uma falha de equipamento afetar a segurança e o meio ambiente, uma crescente conscientização do poder de contribuição da manutenção para a qualidade do produto e maior grau de exigência para se atingir alta disponibilidade da instalação e contenção de custos.

A evolução da manutenção pode ser escalonada em algumas fases bem distintas uma das outras, principalmente ao tratarmos da política estratégica adotada. Moubray (2000) propõe o estudo dessa evolução através de três gerações, caracterizando-as da seguinte forma:

- *Primeira Geração*: período até a II Guerra Mundial, com pouca mecanização da indústria, onde as interrupções operacionais gerados pela ocorrência de

falhas não eram tão importantes, ou seja, a prevenção de falhas não era prioritária e os equipamentos, em sua maior parte, eram simples e superdimensionados, não exigindo a sistematização de atividades de manutenção e, muito menos, alta habilidade de mantenedores;

- *Segunda Geração*: com a guerra, em função do aumento da demanda de diversos tipos de bens e a redução da mão-de-obra industrial disponível, ocorre um aumento da mecanização, desencadeando maior diversidade e complexidade das máquinas, que passam a representar maior importância à indústria;
- *Terceira Geração*: desde meados dos anos setenta, algumas alterações têm sido incorporadas no processo de mudança da indústria, sendo classificadas como novas expectativas, nova pesquisa e novas técnicas.

A Figura 2.10 esboça a relação entre as expectativas e as técnicas de manutenção, conforme as três gerações identificadas por Moubray (2000):

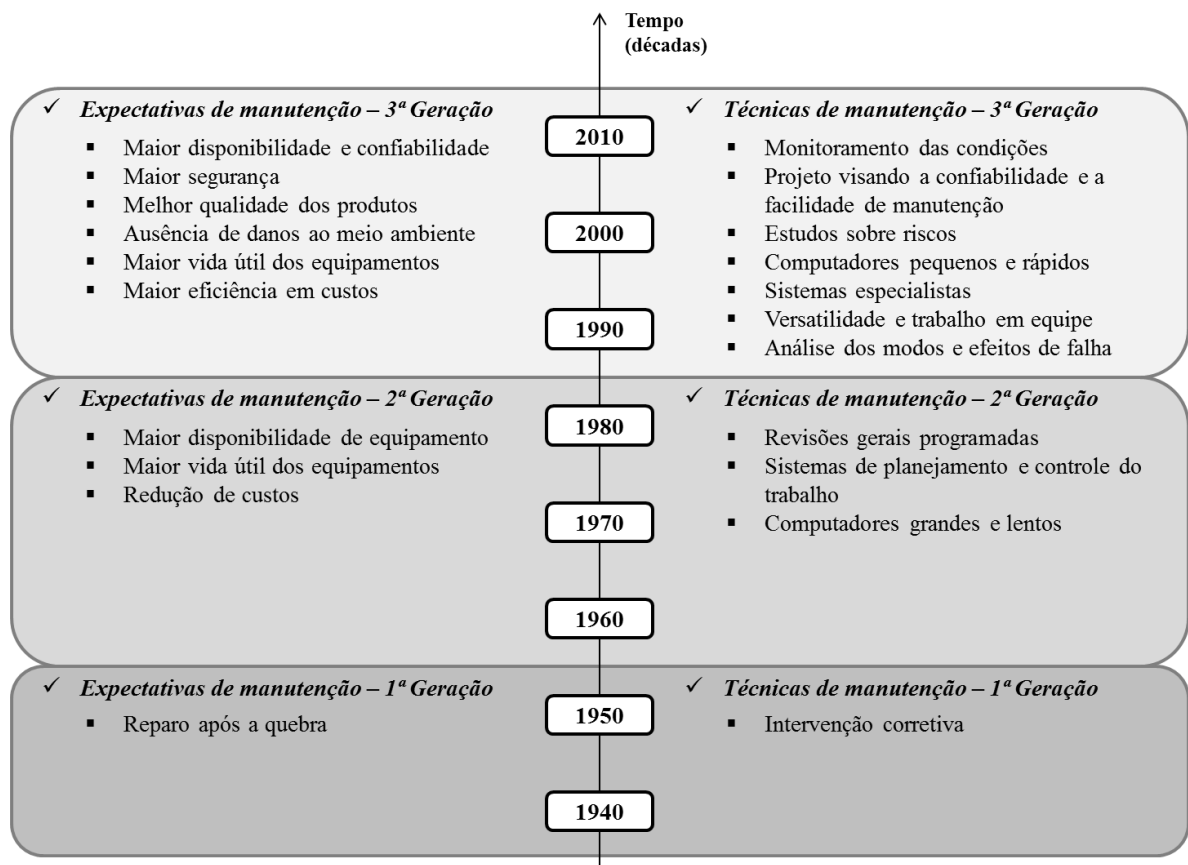


Figura 2.10 – Relação histórica entre expectativas e técnicas de manutenção.
Fonte: adaptado de Moubray (2000)

Inicialmente, ao longo da segunda e terceira gerações, o tempo de paralisações passou a apresentar maior importância, devido ao aumento da dependência dos equipamentos. Moubray (2000) destaca que nos anos 60, basicamente eram realizadas revisões gerais dos equipamentos em intervalos de tempo fixos, surgindo o conceito de manutenção preventiva. Assim, se tornou plausível “a ideia de que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas” (MOUBRAY, 2000, p.2).

Com a implementação da manutenção preventiva, os custos de manutenção aumentaram proporcionalmente, passando a assumir um papel de destaque entre os custos operacionais. Essa sensível variação de seus custos estimulou, à manutenção, o desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle, alavancando o gerenciamento das práticas de manutenção. A percepção gerencial, aliada ao capital investido em ativos, desperta a atenção para um foco importante à manutenção industrial: a vida útil dos ativos. Imprescindível às análises e tomada de decisão tática no ambiente de produção industrial, a vida útil dos ativos representa uma interessante referência para alinhamento das estratégias de produção e custos, a partir de níveis de eficiência operacional planejados e obtidos pelo gerenciamento do ciclo de vida dos ativos.

Associado às atividades de manutenção, um conceito aplicado a partir da análise de dados de processos de restauração de ativos é a manutenibilidade de um sistema, definida como “a facilidade com que se efetuam reparos e outras atividades de manutenção” (LAFRAIA, 2001, p.161), também definida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos como “a qualidade das feições e características combinadas do projeto de equipamentos que permite ou realça a realização de manutenção por pessoal de média especialização sob condições naturais e ambientais em que irá operar” (LAFRAIA, 2001, p.161). A manutenibilidade é uma importante propriedade do ativo para projeção da disponibilidade de sistemas de ativos, constituindo uma forte referência ao processo de planejamento e controle de manutenção.

2.3 Racionalização da produção a partir da eficiência operacional

A implementação do conceito manutenibilidade, aliado às atuais expectativas quanto às atividades de manutenção, requer e promove, respectivamente, o aprimoramento das práticas de gestão de ativos e o aumento da eficiência operacional decorrente da maior qualidade e otimização de insumos, maximizando os ativos físicos. No entanto, a busca por eficiência em processos é dispendiosa, ainda mais sensível quando o processo considerado não agrega valor diretamente ao produto, como no caso dos constituídos pelas atividades de manutenção. Essa valoração indireta ao produto por eficiência em processos implica na necessidade de elaboração de cenários para tomada de decisão para gestão de riscos, norteando as estratégias de manutenção e gestão de ativos em função dos objetivos de desempenho específicos adotados no planejamento e controle da manutenção. Nesse oportuno contexto tático, a aplicação da engenharia da confiabilidade fundamenta o desenvolvimento de consistentes cenários quantitativos à gestão de risco, mediante o desenvolvimento de técnicas de modelagem e simulação para análise de confiabilidade de ativos e sistemas de ativos, por modelos de distribuição probabilística.

Antes do aprofundamento nos métodos de planejamento e implementação da engenharia da confiabilidade, aplicáveis em favor dos requisitos normativos da BSI PAS 55:2008, vale a consideração de alguns conceitos, fundamentos e restrições, técnicas e econômicas, importantes para o pleno entendimento dos benefícios potencializados pela engenharia da confiabilidade.

2.3.1 Os benefícios da engenharia da confiabilidade à eficiência operacional

Uma definição bem usual de confiabilidade é considerada por Lافraia (2001), O'Connor (2002), Dhillon (2005) e Gulati (2009): confiabilidade é a probabilidade que um item, ou sistema, terá em desempenhar uma função requerida satisfatoriamente, sob condições específicas, por um período de tempo determinado. Apoiado nessa mesma definição, sobretudo com uma visão mais refletida nos processos, é plausível a associação dos benefícios

da confiabilidade aos níveis de qualidade requeridos: “confiabilidade diz respeito a todas as características de um produto que podem mudar com o tempo ou, ainda, com a possibilidade de deixar de ser conforme após um certo período de tempo” (LAFRAIA, 2001, p.5), ou seja, enquanto a qualidade apresenta uma abordagem estática, a confiabilidade promove condições para um tratamento dinâmico de requisitos, que incluem os da qualidade, através do desempenho de ativos e sistemas de ativos, referenciais às estratégias de planejamento e controle de processos que assegurem o atendimento aos requisitos estabelecidos. Enfim, “é imprescindível compreender o gerenciamento orientado para o equipamento, pois a confiabilidade, a segurança, a manutenção e as características operacionais da fábrica são elementos decisivos para a qualidade, quantidade e custos” (TAKAHASHI, 1993, p.1).

Segundo Lafraia (2001), a relação entre a qualidade e a confiabilidade pode ser esboçada da seguinte maneira:

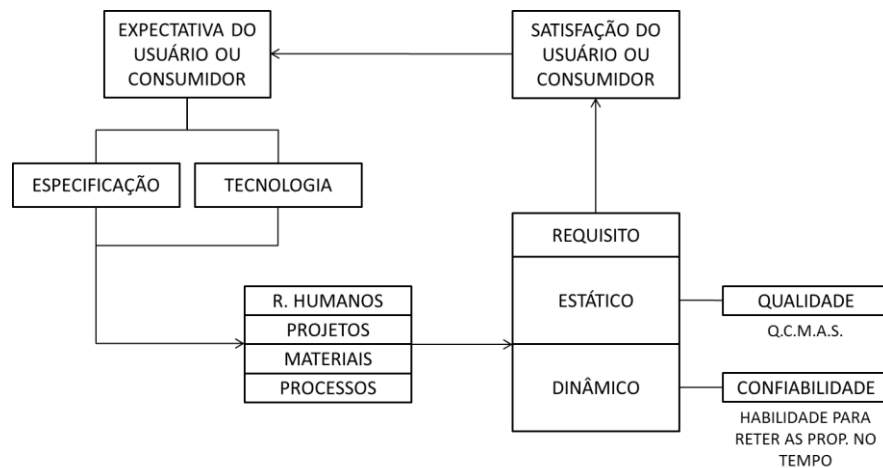


Figura 2.11 – A relação entre a qualidade e a confiabilidade.

Fonte: LAFRAIA, 2001, p.6

Os processos para aplicação das técnicas de confiabilidade podem estar vinculados a diversas áreas funcionais. Analisando sob a ótica de uma aplicação genérica num ambiente operacional, O'Connor (2002) estabelece como objetivos da engenharia da confiabilidade, de acordo com a seguinte ordem de priorização: aplicação de conhecimentos de engenharia e técnicas específicas para prevenir ou reduzir a probabilidade ou frequência de falhas; identificação e correção das causas das falhas que ocorrem, apesar dos esforços para preveni-las; determinação das maneiras de administrar as falhas que ocorrem, se suas causas não têm

sido tratadas; aplicação dos métodos para estimar a probabilidade de sucesso de novos projetos e para análise de dados de confiabilidade. Focando as oportunidades inerentes às áreas de projetos e produção, Lafraia (2001) destaca algumas oportunidades de aprimoramento como objetivo da aplicação das técnicas de confiabilidade:

- *Projetos*: redução da complexidade; redundância para assegurar tolerância à falha; eliminação dos fatores de tensão; teste de qualificação e revisão do projeto; análise de falhas;
- *Produção (Operação e Manutenção)*: controle de materiais, métodos e alterações; controle de métodos de trabalho e especificações; instruções adequadas de uso e manutenção; análise de falhas em serviços; estratégias de reposição e de apoio logístico.

Essas oportunidades desencadeiam benefícios diretos a questões gerenciais e lucratividade, conforme apresentado no Quadro 2.4:

Aumento dos lucros
• Redução de paradas não programadas; • Redução dos custos de manutenção, operação e apoio; • Redução de perdas por lucro cessante; • Redução da probabilidade de ocorrência de acidentes.
Soluções às necessidades atuais das indústrias
• Aumento da produção de produtos/unidades mais lucrativas; • Flexibilidade para utilização de diversos tipos de carga; • Resposta rápida às mudanças nas especificações dos produtos; • Cumprimento da legislação ambiental, de segurança e higiene.
Aplicação de investimento com base em informações quantitativas
• Segurança; • Continuidade operacional; • Meio Ambiente.
Eliminação de causas básicas de paradas não programadas de indústrias ou instalações
• Redução dos prazos de paradas programadas; • Aumento da manutenibilidade das instalações.
Atuação nas causas básicas dos problemas e não nos efeitos
• Histórico de falhas dos equipamentos; • Determinação das causas básicas das falhas; • Prevenção de falhas em equipamentos similares; • Determinação de fatores críticos para a manutenibilidade de equipamentos.

Quadro 2.4 – Benefícios com a aplicação da confiabilidade.

Fonte: adaptado de Lafraia (2001)

De acordo com a definição dos benefícios priorizados estrategicamente pela gestão,

com o custo e a complexidade cada vez maiores dos muitos sistemas industriais e de defesa, a importância da confiabilidade como um parâmetro de eficiência, o qual deve ser especificado e pelo qual se paga, tornou-se evidente [...] para qualquer produto existe um gasto teórico ótimo na confiabilidade em relação ao benefício subsequente. (LAFRAIA, 2001, p.8)

A determinação do gasto teórico ótimo na confiabilidade deve conciliar benefícios às gestões de riscos e de custos. Admitindo-se o impacto de riscos refletido no nível de confiabilidade aferido, Lafraia (2001) esboça a relação entre confiabilidade e custos conforme Figura 2.12, onde o custo total é composto por custos operacionais, custo de aquisição, custo de manutenção e lucro cessante. A posição B representa o nível ótimo de confiabilidade em função do custo total, constituindo uma referência teórica para ações estratégicas e operacionais a ativos e sistemas de ativos, como por exemplo, a relação entre as frações de custo que compõem o custo total e o planejamento das intervenções de manutenção preventiva, respectivamente. Entretanto, em termos práticos, essa referência não pode ser considerada absoluta, pois ela apenas representa uma condição determinada a partir da restrição matemática do ponto de mínimo da função custo total, não levando em conta aspectos operacionais que proporcionem a confiabilidade esperada, estejam eles associados às possibilidades de logística, de manutenção ou, simplesmente, de produção. Ou seja, a análise funcional dessas informações deverá indicar não o ponto ótimo de confiabilidade, mas sim a faixa ótima de confiabilidade para o ativo ou sistema de ativos, permitindo certa flexibilidade gerencial na administração de processos de diversas áreas envolvidas diretamente na gestão operacional da organização, como processos, produção, manutenção, projetos, compras, contratos, qualidade, segurança e meio ambiente. Tal flexibilidade confere oportunidades para alavancagem de novas estratégias operacionais, principalmente, estratégias de baixo custo total.

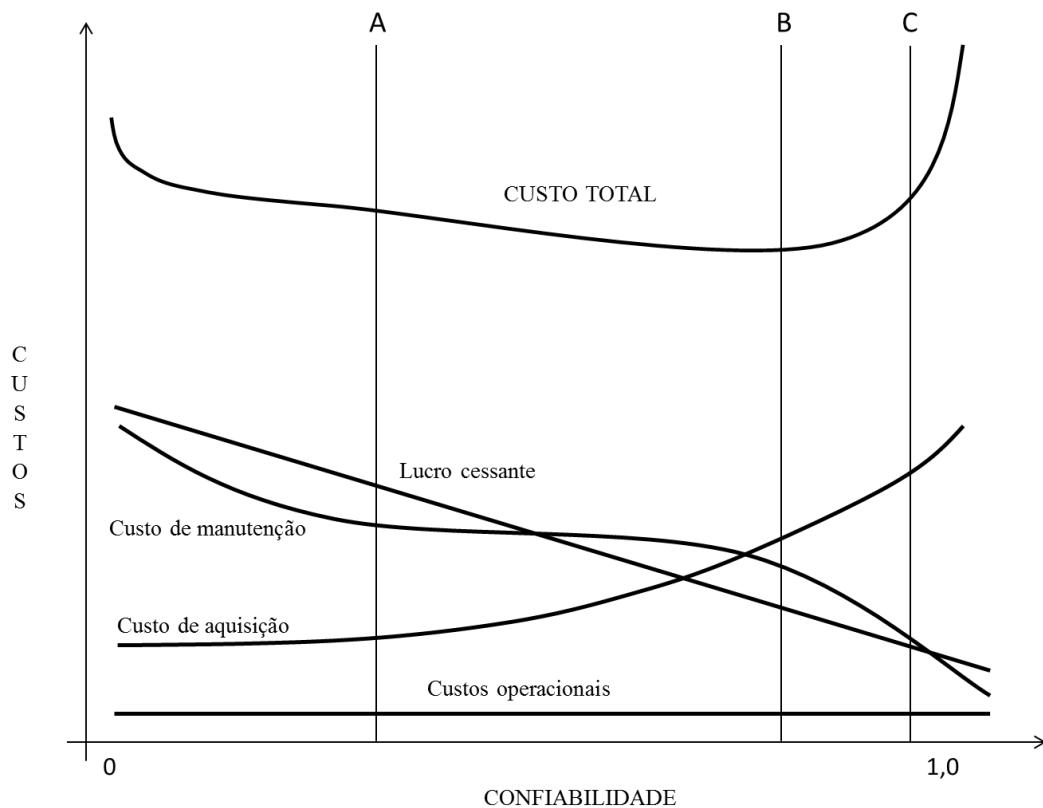


Figura 2.12 – A relação entre confiabilidade e custo.

Fonte: LAFRAIA, 2001, p.8

Em decorrência dessa relação com custo, a confiabilidade influencia o planejamento e controle de estratégias operacionais, tornando-se um dos principais atributos de sistemas técnicos complexos e altamente competitivos, segundo Back (2008), que, ao destacar a importância do projeto para otimização da confiabilidade de um produto, recomenda a consideração dos seguintes princípios de projeto:

- *Simplificar o projeto ao máximo sem prejudicar o desempenho da função.* Grande parte dos problemas de confiabilidade verificados na operação é consequência de projetos com elevada complexidade de concepções e sofisticação de tecnologias.
- *Melhorar a confiabilidade individual dos componentes.* A confiabilidade do produto final é fundamentada pelo grau de confiabilidade verificado individualmente nos componentes.
- *Adotar, quando possível, componentes normalizados com confiabilidade comprovada.* A aplicação de componentes normalizados determina menor grau de incerteza quanto

à confiabilidade do componente, pois ele apresenta um padrão de desempenho comprovado às condições operacionais consideradas no projeto.

- *O produto pode ser projetado com redundâncias.* A continuidade operacional é garantida em caso de outro componente, com função similar, falhar. Porém, esse princípio induz concepções mais complexas devido às redundâncias projetadas.

Para minimização de custos e produtos confiáveis, O'Connor (2002) aponta, como meio eficaz, a priorização de algumas habilidades, denominadas habilidades primárias, definidas pela capacidade de compreender os modos de falha potencial e conhecimento de como preveni-los. Outro ponto importante à confiabilidade e à minimização de custos é o conhecimento dos métodos e modelos de distribuição estatística que podem ser utilizados para a análise de dados de vida. A engenharia da confiabilidade realiza diversas tarefas ao longo das fases de concepção, desenvolvimento, fabricação e melhoria de um sistema. Dhillon (2005) atribui à engenharia da confiabilidade:

- Analisar projeto proposto em relação à confiabilidade;
- Desenvolver programa e planos de confiabilidade;
- Investigar falhas de campo;
- Assegurar recursos adequados para a fase de planejamento de um programa de segurança eficaz;
- Avaliar confiabilidade de projetos alternativos;
- Participar das revisões de projeto, fornecendo informações relevantes para a gestão da confiabilidade;
- Participar da avaliação de propostas solicitadas;
- Desenvolver métodos e modelos de previsão da confiabilidade;
- Analisar reclamações de clientes em relação à confiabilidade;
- Alocar a falha tolerável do sistema até o nível de componente;
- Executar testes de confiabilidade associados ao sistema, subsistemas e equipamentos;
- Monitorar a confiabilidade do desempenho de subcontratados;
- Manter o controle de peças sobressalentes;
- Revisar dificuldades associadas à manutenção de um sistema;
- Participar da determinação de requisitos para novos sistemas;

- Garantir o fluxo da informação de confiabilidade relevante para todas as pessoas interessadas;
- Fornecer informações para os projetistas para melhoria da manutenibilidade do sistema ao longo de sua vida;
- Desenvolver testes em sistema, subsistemas, equipamentos e componentes;
- Assegurar a devida importância à confiabilidade em novos contratos.

Tais atividades têm como principal objetivo a gestão de risco. Essa relação direta entre risco e confiabilidade também é explorada por O'Connor (2002), que identifica alguns fatores que levam à percepção geral de risco: pressão do mercado; ênfase em gestão; requisitos do cliente; aspectos legais; riscos de desenvolvimento; responsabilidade pública; custos de garantia e serviço; segurança; competição. No entanto, há momentos em que novos riscos estão sendo assumidos, e as diretrizes e práticas sistematizadas deixam de ser eficazes ou não se aplicam. Por vezes, gerentes, engenheiros e projetistas se arriscam involuntariamente, quando acreditam que podem extrapolar esses limites com segurança, a partir do conhecimento atual. Esse excesso de otimismo, ou a relutância em reconhecer o atual limite, dificultando a percepção dos riscos ainda não evidentes. É por estas razões que uma compreensão dos princípios e métodos de engenharia de confiabilidade é agora um ingrediente essencial da engenharia moderna.

3 GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS BASEADA EM RISCO

Baseado em diversos casos com consequências de forte impacto à vida humana, relacionadas a aspectos de segurança e/ou meio ambiente, Narayan (2004) observou que a sequência de eventos que conduzem a esses efeitos parece seguir um padrão comum, comportamento semelhante ao também constatado em perdas associadas à produção. Nessas circunstâncias, quando não é dada a devida atenção aos sinais de alerta, desvios de processo ou falhas de equipamento, a perda de controle do processo é o resultado mais provável, podendo desencadear em falhas graves, caso não sejam tratados a tempo. Visando a minimização de tais falhas, é possível reduzir, a níveis toleráveis, os riscos associados à produção, segurança e meio ambiente, melhorando a eficácia dos sistemas com funções relevantes ao sistema, através do tratamento de dados e ferramentas para análise de desempenho. Com esses elementos, podemos montar um plano para melhorar a eficácia, eficiência e confiabilidade de um sistema de produção industrial.

Este capítulo apresentará conceitos e oportunidades de integração, ao nível de decisão tática num sistema de gestão de ativos físicos, considerando três elementos vitais a esse processo: identificação de riscos operacionais nas funções produção, segurança e meio ambiente; avaliação de riscos operacionais na gestão de portfólio de projetos; tomada de decisão em projetos de investimento.

3.1 Identificação de riscos operacionais: produção, segurança e meio ambiente

Em termos gerais, adotando a perspectiva da produção industrial,

o conceito risco está intimamente relacionado à presença de situações indesejáveis, sob o ponto de vista do usuário do sistema, produto ou equipamento. Se estas situações indesejáveis implicarem em risco de vidas humanas e/ou prejuízos econômico-financeiros de elevado valor, devem ser adotados esforços adicionais no sentido de minimizar ou mesmo evitar estas situações quando possível. (LAFRAIA, 2001, p.1)

Essa possibilidade de minimização, ou até eliminação, do risco fortalece a ideia de que o risco está intimamente ligado à confiabilidade, devendo ser tratado não apenas no aspecto qualitativo, mas também no quantitativo.

Por mais estruturada que seja qualquer aplicação de ferramentas qualitativas de confiabilidade,

é a avaliação probabilística do risco/falha de um sistema ou produto que caracteriza o aspecto fundamental da chamada Análise de Confiabilidade [...] indicando desta forma os pontos ‘falhos’ de um produto, sistema ou equipamento, de forma a conferir/sugerir ações preventivas ou corretivas mais eficientes. (LAFRAIA, 2001, p.1)

Para maior consistência do controle de riscos, a compatibilidade entre a gestão de ativos físicos e os sistemas de gestão da qualidade, ambiental e da segurança, é uma condição extremamente favorável à gestão de riscos a partir do desempenho de ativos e sistemas de ativos, de modo a atender os requisitos normativos do Sistema de Gestão Integrada (SGI). A BSI PAS 55:2008, para a identificação e avaliação de risco, determina que deve ser considerada a probabilidade de eventos plausíveis e suas consequências associadas a:

- *Riscos de falha física*: falha funcional, dano acidental, sabotagem ou ação terrorista;
- *Riscos operacionais*: controle do ativo, fatores humanos e todas as atividades que afetam seu desempenho, condição ou segurança;
- *Desastres naturais*: tempestades, inundações e efeitos de mudança de clima;
- *Fatores externos ao controle da organização*: falhas em materiais e serviços fornecidos externamente;
- *Riscos às partes interessadas*: falhas ao seguir requisitos regulamentares de desempenho ou riscos para a reputação da organização;
- *Ciclo de vida dos ativos*, em suas diferentes fases.

Com forte reflexo aos riscos operacionais, sem deixar de considerar os riscos de falha física e o ciclo de vida dos ativos, Narayan (2004) salienta três fatores que afetam a produção: perda da integridade, a perda de eficiência e a incorporação de alterações na planta. Esses três fatores podem ser definidos por falhas funcionais ou por padrão de desempenho, derivadas da deterioração física do ativo ou sistema de ativos, que por sua vez, podem ser constatadas através da perda da qualidade do produto, redução no rendimento ou na taxa de transferência, ou um aumento de energia ou outros *inputs* de recursos. Narayan (2004) destaca duas importantes questões para redução de riscos, devendo ser tão intensas quanto o grau de exigência na gestão de riscos:

- *Identificar e, sempre que possível, medir os riscos.* Podemos quantificar os riscos a partir de métodos matemáticos que consideram a relação entre a frequência e a gravidade dos eventos. Caso o risco seja qualitativo, observamos os fatores que afetam a percepção. Vale ressaltar que os riscos quantitativos podem afetar riscos qualitativos e vice-versa;
- *Temos que trazer estes riscos para um nível que a sociedade estará disposta a tolerar, e com um custo que pode pagar.* O momento ideal para tratar tais riscos é durante o projeto do ativo ou sistema de ativos, o que nem sempre acontece por vários motivos, como a falta de consciência, tempo, ferramentas, recursos ou habilidades.

LAFRAIA (2001, p.245) entende que “função é toda e qualquer atividade que o item desempenha, sob o ponto de vista operacional”, e complementa destacando que na descrição das funções estejam incluídos: os padrões de desempenho desejado e/ou esperado; os padrões de qualidade estabelecidos pelo cliente; os padrões de segurança e preservação do meio ambiente. Dessa forma, associando essa visão ao conceito de riscos operacionais proposto pela BSI PAS 55:2008, definido por riscos associados ao controle do ativo, fatores humanos e todas as atividades que afetam seu desempenho, condição ou segurança, fundamentalmente à gestão de ativos físicos, o gerenciamento dos riscos operacionais não poderá deixar de enfatizar as funções objetivas à produção, segurança e meio ambiente.

Integrando a gestão de riscos do nível operacional ao tático, métodos gerenciais, compatíveis à cultura organizacional, deverão ser consolidados em busca da sistematização de práticas para análises críticas e ações de controle, visando ao contínuo gerenciamento de riscos de acordo com os objetivos estratégicos da organização.

Conforme proposto pela ABNT NBR ISO 31000:2009, para a gestão de riscos²⁵ ser eficaz, convém que a organização, em todos os níveis, atenda seus princípios conforme estrutura e processo, propostos na Figura 3.1, visando a identificação, avaliação e tratamento de riscos:

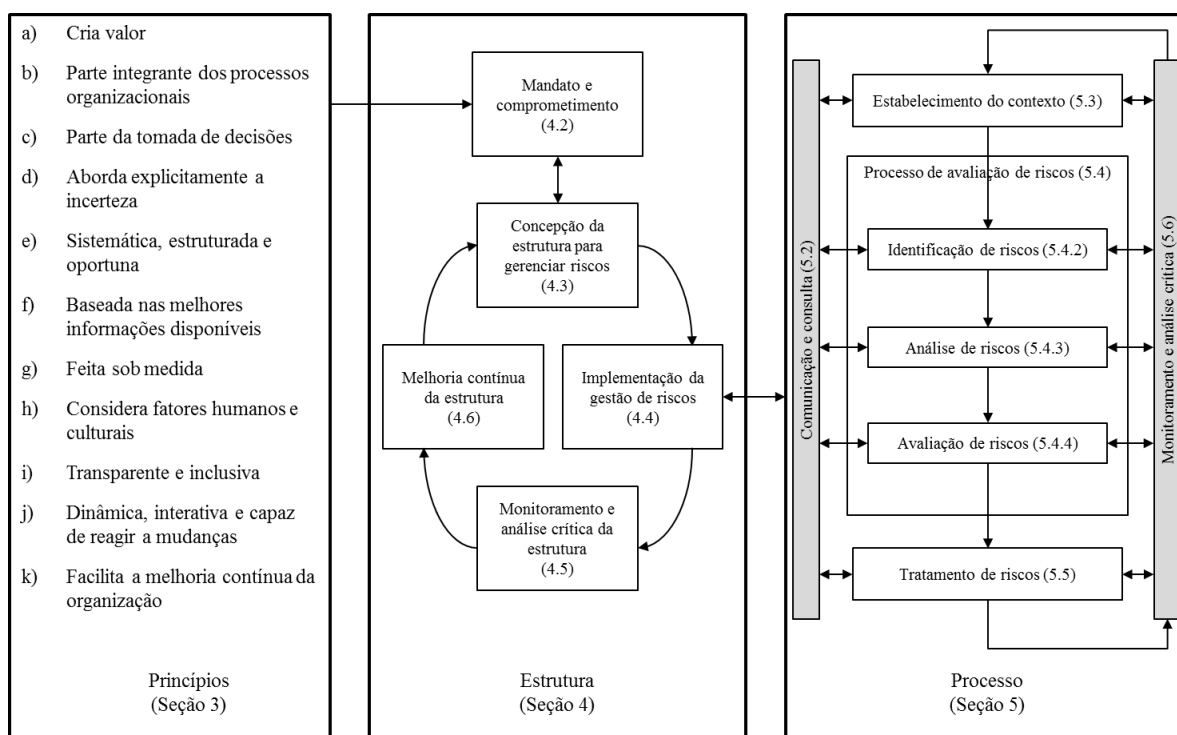


Figura 3.1 – Relacionamentos entre os princípios da gestão de riscos, estrutura e processo.

Fonte: ABNT NBR ISO 31000:2009, p.vii

Ainda de acordo com a ABNT NBR ISO 31000:2009, a eficácia dessa estrutura de gestão, em todos os níveis da organização, condiciona o sucesso da gestão de riscos, auxiliando o gerenciamento eficaz de riscos conforme aplicação do processo de gestão, respeitando os conceitos específicos da organização. Além das definições normativas, a percepção do conceito risco sob perspectivas funcionais específicas constitui um interessante mecanismo potencial para adequação de instrumentos de medição e controle, conforme características dos processos em questão.

²⁵ ABNT NBR 31000:2009, Gestão de riscos – Princípios e diretrizes, define gestão de riscos como um conjunto de atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos, e estes, por sua vez, como o efeito das incertezas nos objetivos.

Enfatizando a questão estratégica, os riscos podem ser definidos como sendo

os elementos incertos e as expectativas que agem constantemente sobre os meios estratégicos e o ambiente e que provocam os desastres financeiros e morais e, por consequência, se bem gerenciados, forçam a criatividade e fazem nascer as oportunidades. Assim, as oportunidades (inclusive os retornos e metas positivas) surgem do gerenciamento dos riscos, principalmente em como vamos nos comportar diante das nossas percepções e ações sobre os riscos que devemos gerenciar em todas as situações da vida. (BARALDI, 2005, p.13-14)

Para essa perspectiva, Baraldi (2005) propõe que o processo de gerenciamento de riscos²⁶ pode ser sintetizado por: identificar, quantificar, selecionar, decidir (administrar, evitar ou transferir), informar e comunicar, acompanhar e aperfeiçoar de forma completa, exata, atualizada, oportuna e aprovada. Ainda complementa observando que alguns riscos e suas causas e efeitos podem interagir entre si, impactando na realização dos objetivos. O mapeamento desse cenário contribui fortemente para a eficiência funcional do gerenciamento de riscos. Tal eficiência alavanca diversos benefícios à organização, que, a partir da relação de ganhos relacionados, estabelecida pela ABNT NBR ISO 31000:2009, podem ser agrupados conforme visão em:

- *Gestão estratégica*: aumentar a probabilidade de atingir os objetivos; encorajar uma gestão proativa; estar atento para a necessidade de identificar e tratar os riscos através de toda a organização; melhorar a identificação de oportunidades e ameaças; atender às normas internacionais e requisitos legais e regulatórios pertinentes; melhorar o reporte das informações financeiras; melhorar a governança; melhorar a confiança das partes interessadas.
- *Métodos gerenciais*: estabelecer uma base confiável para a tomada de decisão e o planejamento; melhorar os controles.
- *Desempenho operacional*: alocar e utilizar eficazmente os recursos para o tratamento de riscos; melhorar a eficácia e a eficiência operacional; melhorar o desempenho em saúde e segurança, bem como a proteção do meio ambiente; melhorar a prevenção de perdas e a gestão de incidentes; minimizar perdas.

²⁶ Segundo Baraldi (2005, p.14), “o gerenciamento de riscos empresariais são os conhecimentos, os métodos e os processos organizados para reduzir os prejuízos e aumentar os benefícios na concretização dos objetivos estratégicos”.

- *Cultura organizacional*: melhorar a aprendizagem organizacional; aumentar a resiliência da organização.

A necessidade de convergência dos objetivos da organização, orientados a esses benefícios alavancados a partir da eficiência na gestão de riscos, estimula o aprimoramento de processos decisórios, pois à busca desse *status* de gestão, “convém que as organizações visem um nível de desempenho apropriado de sua estrutura da gestão de riscos em consonância com a criticidade das decisões a serem tomadas” (ABNT NBR 31000:2009, p.22). Logo, visando um alto nível de desempenho para gerenciar riscos, os atributos de uma gestão de riscos avançada²⁷, conforme a ABNT NBR 31000:2009, são: melhoria contínua; responsabilidade integral pelos riscos; aplicação da gestão de riscos em todas as tomadas de decisão; comunicação contínua; integração total na estrutura de governança da organização. Tais atributos envolvem, fundamentalmente, a eficácia em processos de tomada de decisão. No Quadro 3.1, Choo (2006) apresenta modelos de tomada de decisões conforme combinação das variações quanto ao nível de incerteza técnica e conflito sobre objetivos.

		Baixa AMBIGUIDADE/CONFLITO SOBRE OBJETIVOS Alta	
Baixa	INCERTEZA TÉCNICA	MODELO RACIONAL • Orientado para objetivos • Guiado por regras, rotinas e programas de desempenho	MODELO POLÍTICO • Objetivos e interesses conflitantes • Certeza sobre abordagens e resultados preferidos
		MODELO PROCESSUAL • Orientado por objetivos • Múltiplas opções e soluções alternativas	MODELO ANÁRQUICO • Objetivos são ambíguos • Processos para atingir os objetivos são obscuros
Alta			

Quadro 3.1 – Quatro modelos de tomada de decisões.
Fonte: CHOO, 2006, p. 276

²⁷ Anexo A – Atributos de uma gestão de riscos avançada. (ABNT NBR ISO 31000:2009, p.22-23)

A gestão de ativos físicos, por constituir forte vínculo com a condição de alto valor às operações, apresenta em seus processos de tomada de decisão a tendência de não refletir um significativo conflito de objetivos nos níveis de planejamento tático e estratégico. Por essa razão, e pela possibilidade de variação da capacidade em determinar o nível de incerteza técnica, conforme grau de criticidade funcional de ativos e sistemas de ativos, os processos de tomada de decisão deverão ser estruturados, de acordo com os modelos propostos por Choo (2006), a partir dos modelos racional ou processual.

Nesse contexto estratégico da gestão de riscos operacionais ao desempenho de sistemas industriais, principalmente em setores produtores de *commodities*, portanto, orientado à estratégia de baixo custo total, torna-se imprescindível a sistematização do processo de gestão do portfólio de projetos, sob aspectos tecnológicos e financeiros, para tomada de decisões táticas fundamentadas em perdas, riscos e custos.

3.2 Avaliação de riscos operacionais na gestão de portfólio de projetos

A gestão de portfólio de projetos está intimamente ligada à cultura da organização no que diz respeito às práticas de planejamento, sobretudo no nível estratégico. Por essa razão, a gestão de portfólio de projetos deve apresentar características inerentes às atividades de planejamento, principalmente às que tratam referenciais técnicos e econômicos, em termos de eventuais restrições e premissas, ao direcionamento do processo de tomada de decisão em gestão de portfólio de projetos.

Para tal, sob uma ampla perspectiva à organização,

a função de planejamento consiste na definição dos resultados a serem obtidos e na determinação do meio apropriado para alcançar os resultados definidos. A necessidade dessa função decorre da natureza das organizações como entidades propositivas (que buscam resultados). As atividades de planejamento podem ser complexas ou simples, implícitas ou explícitas, impessoais ou pessoais. (GIBSON, 2006, p.17)

Eventuais necessidades quanto a atividades de planejamento, como àquelas complexas, implícitas e impessoais, corroboram o valor de métodos gerenciais para gestão de portfólio de projetos, suas ações de desenvolvimento e, principalmente, a consolidação das práticas associadas à obtenção de um ciclo virtuoso à sistematização e visão sistêmica, em favor de uma estruturada política de riscos, que por sua vez, deve ser fundamentada e delineada conforme relação entre otimismo e precaução. O tratamento dessa dicotomia, sob aspectos estratégicos, configura os limites à política de risco, devendo apresentar ampla flexibilidade em favor de ganhos de produtividade e rentabilidade à organização, em alusão a sua capacidade de alavancagem. Quando pensa-se em limites à política de risco, pode ser “custoso ficar avesso ao risco para ganhos e atraído pelo risco para perdas. Essas atitudes deixam você predisposto a pagar um prêmio para obter um ganho seguro em vez de enfrentar uma aposta, e também disposto a pagar um prêmio (em valor esperado) para evitar uma perda certa” (KAHNEMAN, 2012, p.420). Seja qual for a referência estratégica adotada quanto à postura entre otimismo e precaução, Kahneman (2012) aponta dois modos de estruturar as decisões: o enquadramento estreito (*narrow framing*), quando ocorre uma sequência de decisões simples, consideradas separadamente, ou o enquadramento amplo (*broad framing*), caracterizado por uma única decisão abrangente.

Kahneman (2012) ainda identifica que

os tomadores de decisão propensos ao enquadramento estreito desenvolvem uma preferência toda vez que enfrentam uma escolha arriscada. Melhor fariam se mantivessem uma política de risco que aplicassem rotineiramente sempre que um problema relevante surgisse [...] Uma política de risco é um quadro amplo [...] A questão relevante é sua capacidade de reduzir ou eliminar a dor da perda ocasional com o pensamento de que a política que o deixou exposto a ela irá com quase toda certeza ser financeiramente vantajosa no longo prazo. (KAHNEMAN, 2012, p.425)

Kahneman (2012, p.425) também propõe que “a visão de fora muda o foco das especificidades da situação corrente para as estatísticas de resultados em situações semelhantes”, constituindo um importante elemento conjuntural em ações envolvendo planos e projetos. Com essa proposta, Kahneman (2012) estabelece uma analogia entre a visão de fora dos problemas de planejamento e uma política de risco que agregue decisões, esta

representando “um quadro amplo que embute uma escolha arriscada particular em uma série de escolhas semelhantes” (KAHNEMAN, 2012, p.426).

A visão de fora e a política de risco

são remédios contra dois vieses distintos que afetam muitas decisões: o otimismo exagerado da falácia do planejamento e a precaução exagerada induzida pela aversão à perda. Os dois vieses se opõem um ao outro. O otimismo exagerado protege os indivíduos e as organizações dos efeitos paralisantes da aversão à perda; a aversão à perda os protege das sandices do otimismo superconfiante. O desfecho é um tanto confortável para o tomador de decisão. Os otimistas acreditam que as decisões que tomam são mais prudentes do que realmente são, e tomadores de decisão avessos à perda rejeitam corretamente propostas marginais que de outro modo talvez aceitariam. Não há garantia, é claro, de que os vieses se cancelam reciprocamente em qualquer situação. Uma organização capaz de eliminar tanto o otimismo excessivo como a excessiva aversão à perda deve fazê-lo. A combinação da visão de fora com uma política de risco deve ser a meta. (KAHNEMAN, 2012, p.426)

O tratamento da política de risco e a visão de fora, de um modo combinado, estimula sensivelmente a adoção de métodos gerenciais em processos decisórios. As restrições e premissas vinculadas ao planejamento estratégico devem ser consideradas na política de risco, enquanto a visão de fora contextualiza cenários, qualitativos e quantitativos, para avaliação de alternativas em estratégias, planos e projetos.

A contínua avaliação de alternativas implica numa dinâmica onde

a tomada de decisão formal nas organizações é estruturada por procedimentos e regras que especificam papéis, métodos e normas. A ideia é que as regras e rotinas esclareçam o necessário processamento de informação diante de problemas complexos, incorporem técnicas eficientes e confiáveis aprendidas com a experiência e coordenem ações e resultados dos diferentes grupos organizacionais. (CHOO, 2006, p.253)

Diante dos diversos métodos gerenciais já difundidos nas organizações, Falconi (2009) observa que, apesar de serem tidos como singulares em suas proposições, eles apresentam suas características, inerentes aos respectivos processos propostos, derivadas de um método amplamente reconhecido, o PDCA. A Figura 3.2 ilustra, de modo resumido, como a

interligação de processos de gerenciamento (estratégico, pelas diretrizes, de projetos, e da rotina) específicos a cada nível de planejamento, apoiados na aplicação do método PDCA, pode orientar as decisões táticas às metas de melhoria²⁸, configurando a base de um sistema de gestão²⁹ voltado à produção de resultados em operações conforme objetivos estratégicos da organização.

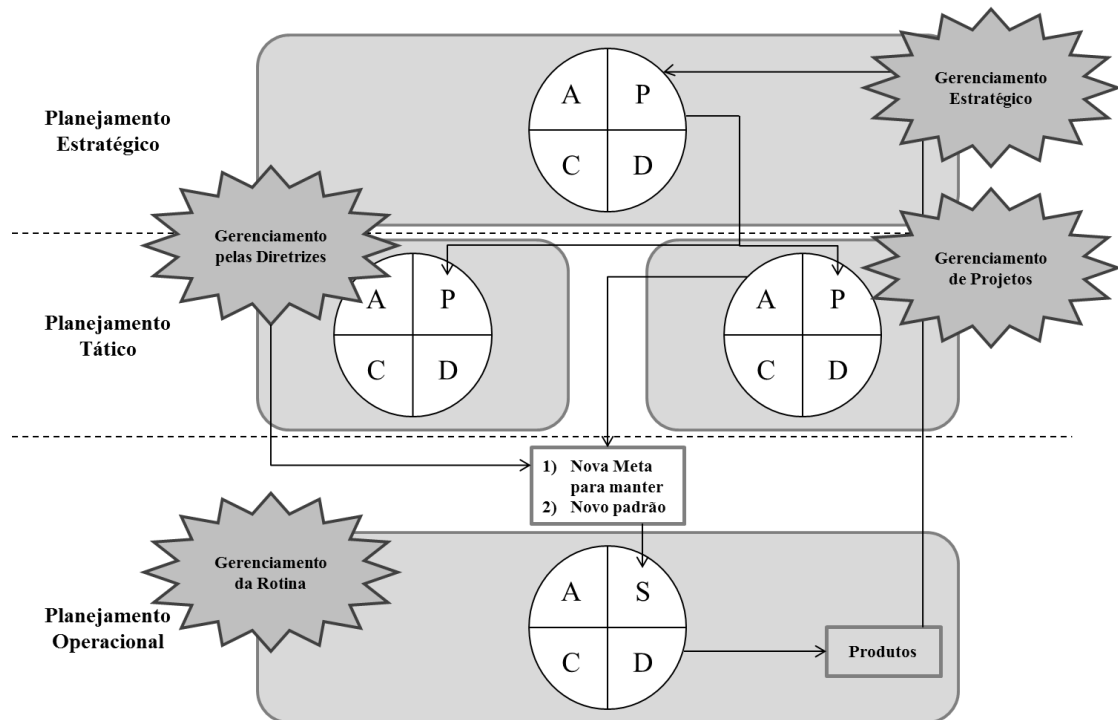


Figura 3.2 – Modelo do método PDCA utilizado para operar uma organização e para melhorar aquela operação.

Fonte: adaptado de Falconi (2009, p.29)

Falconi (2009) ainda afirma que a condição fundamental à dinâmica de um sistema de gestão requer que os processos de gerenciamento devam seguir o método, garantindo a estrutura metodológica necessária à consolidação do sistema de gestão. Alinhada a essa condição, a Figura 3.3 apresenta como efeitos esperados, inerentes à eficiência da gestão de portfólio, no processo de gerenciamento de projetos – citado na Figura 3.2, podem ser tidos

²⁸ Segundo Falconi (2009), quando o método gerencial PDCA é aplicado para adoção de uma nova meta para o resultado em operações da organização, um novo padrão é estabelecido, daí a substituição do termo *Plan* pelo *Standardize*, desencadeando uma variação na denominação do método, de PDCA para SDCA.

²⁹ Falconi (2009, p.28) define que “um Sistema de Gestão é um conjunto de ações interligadas de tal maneira que os resultados da empresa sejam atingidos”.

como referências à estruturação de um método gerencial para tomada de decisão tática, orientada aos resultados esperados no planejamento estratégico.

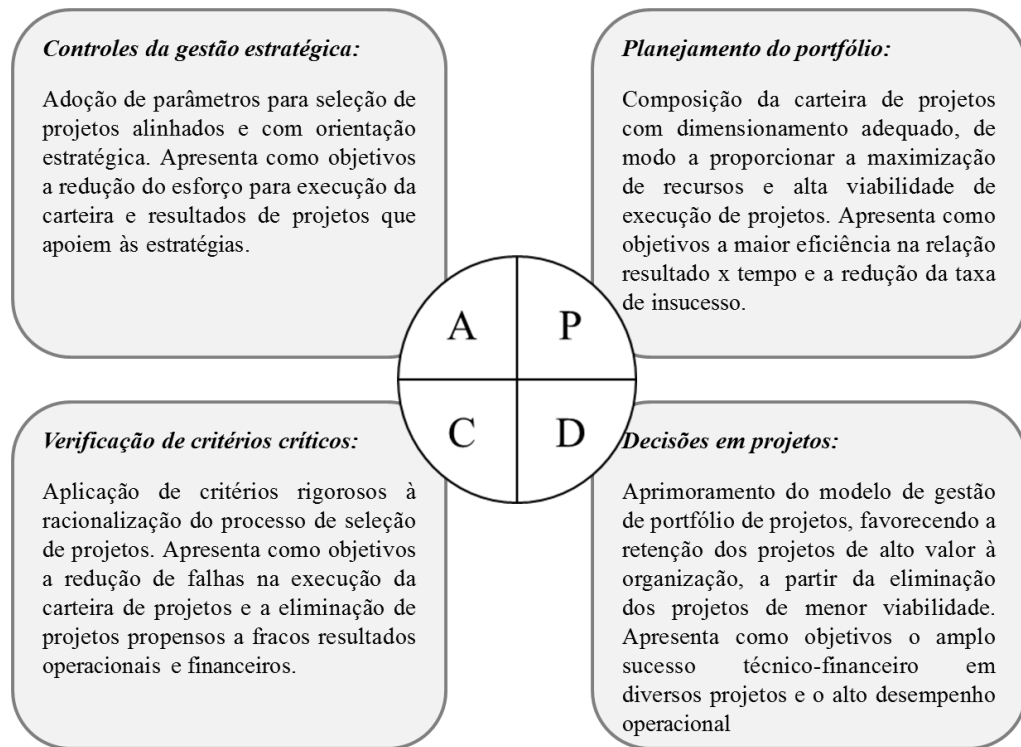


Figura 3.3 – Efeitos da implementação da gestão de portfólio de projetos.
Fonte: adaptado de Rajegopal (2007)

O PMI (2008) identifica a frequente realização de projetos como um dos principais meios para a organização obter os resultados esperados em seu plano estratégico, sendo os projetos motivados por razões associadas à demanda de mercado, oportunidade/necessidade estratégica de negócios, solicitação de cliente, avanço tecnológico e/ou requisito legal.

Os projetos³⁰, sejam tratados na forma de programas³¹ ou portfólios³²,

³⁰ Segundo PMI (2008), deve-se entender o termo projeto como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único.

³¹ Para PMI (2008), um programa é definido como um grupo de projetos relacionados, gerenciados de modo coordenado para a obtenção de benefícios e controle que não estariam disponíveis se eles fossem gerenciados individualmente.

³² PMI (2008) define portfólio como um conjunto de projetos ou programas e outros trabalhos agrupados para facilitar o gerenciamento eficaz desse trabalho a fim de atender aos objetivos estratégicos de negócio.

são um meio de atingir metas e objetivos organizacionais, geralmente no contexto de um planejamento estratégico. Embora um grupo de projetos em um programa possa ter benefícios distintos, eles também podem contribuir para os benefícios do programa, para os objetivos do portfólio e para o plano estratégico da organização. (PMI, 2008, p.10)

Rozenfeld et al. (2006) salienta a capacidade de atendimento aos requisitos de clientes em função de um conjunto de projetos devidamente selecionados, estando em conformidade com a estratégia de negócios de modo a proporcionar menores riscos e maior lucratividade.

As organizações realizam a gestão de portfólios

com base em seu plano estratégico, o que pode ditar uma hierarquia para o portfólio, programa ou projetos envolvidos. Um objetivo do gerenciamento de portfólios é maximizar o valor do portfólio através do exame cuidadoso de seus componentes: os projetos e programas integrantes e outros trabalhos selecionados. Os componentes que contribuem menos para os objetivos estratégicos do portfólio podem ser excluídos. Dessa forma, o plano estratégico da organização torna-se o principal fator de orientação para investimentos em projetos. Ao mesmo tempo, os projetos fornecem *feedback* aos programas e portfólios através de relatórios de progresso e solicitações de mudança que possam impactar outros projetos, programas ou portfólios. As necessidades dos projetos, incluindo as necessidades de recursos, são encaminhadas e comunicadas no nível do portfólio, o qual, por sua vez, determina a orientação para o planejamento organizacional. (PMI, 2008, p.11)

A gestão de portfólio de projetos deve ser um processo contínuo de tomada de decisão, orientado às expectativas estratégicas da organização. Seus resultados apresentam o fator risco como elemento intrínseco a sua composição, incluindo aspectos técnicos e econômicos. Rozenfeld et al. (2006), considera que cada projeto pode representar um negócio para obtenção de diversos resultados à organização, como o lucro, atendimento a requisitos específicos da estratégia ou algum aprendizado. Ainda incrementa essa consideração, complementando que “outra característica que precisa ser notada é o fato de todo projeto possuir um risco associado [...] Os riscos inerentes a cada projeto podem ser maiores ou menores, dependendo da natureza do projeto.” (ROZENFELD [et al.], 2006, p.133)

O gerenciamento de projetos, em organizações que apresentam sua estruturação mais consistente, segundo PMI (2008), é tratado em um contexto mais amplo e em função do

gerenciamento de programas e gerenciamento de portfólio. A maneira como essa relação é estabelecida está esboçada na Figura 3.4, que também demonstra o vínculo entre estratégias e prioridades organizacionais, e inter-relacionamentos, tanto entre portfólios e programas, como entre programas e projetos individuais. O PMI (2008) ainda complementa a caracterização de portfólio salientando que os projetos ou programas do portfólio podem não necessariamente apresentar interdependência ou relação direta.

Dessa forma,

o gerenciamento de portfólios se refere ao gerenciamento centralizado de um ou mais portfólios, que inclui identificação, priorização, autorização, gerenciamento e controle de projetos, programas e outros trabalhos relacionados, para atingir objetivos estratégicos específicos de negócios. (PMI, 2008, p.9)

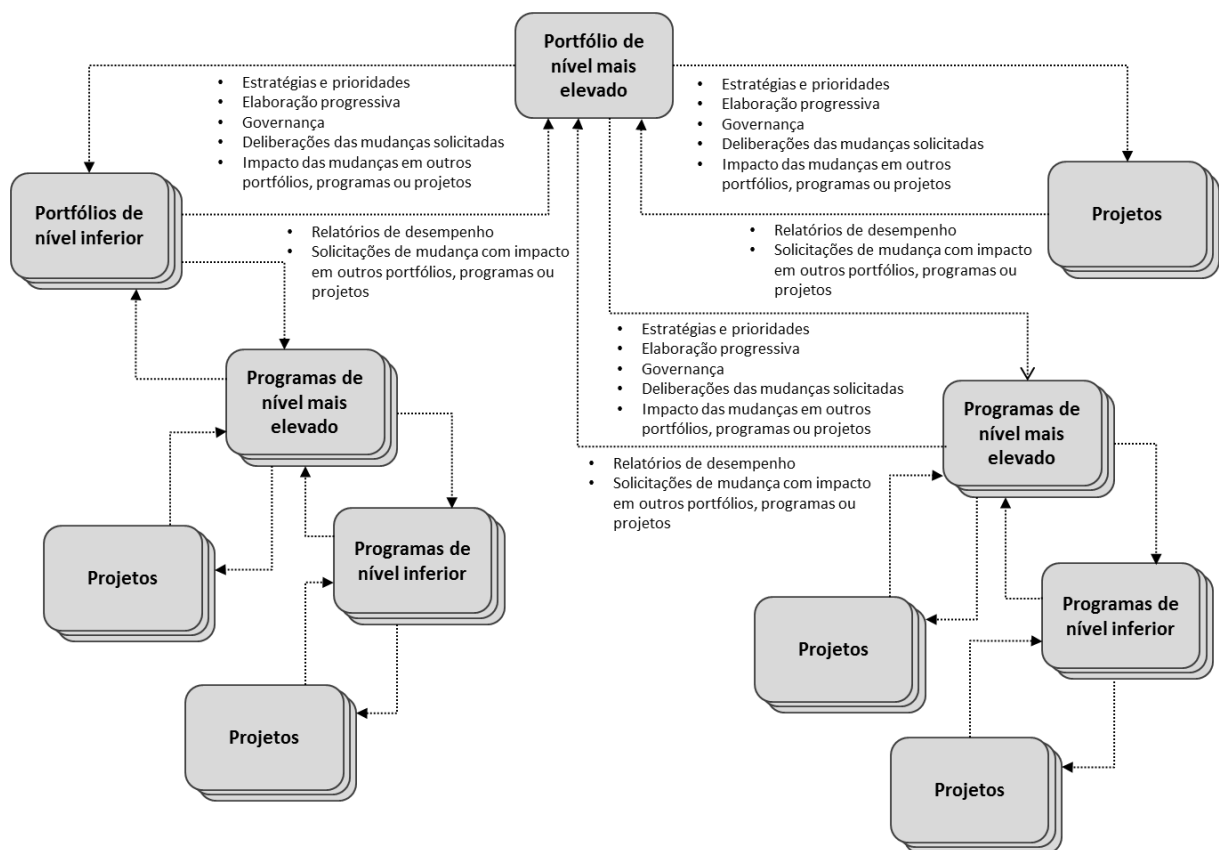


Figura 3.4 – Interações de gerenciamento de projetos, programas e portfólios.
Fonte: PMI, 2008, p.8

Com uma visão não tão operacional, contudo, mais estratégica, Rajegopal (2007) afirma que a gestão de portfólio de projetos pode ser definida como a gestão da carteira de projetos, de modo a maximizar a contribuição dos projetos para o bem-estar e sucesso da empresa em geral, podendo utilizar várias técnicas para obter resultados tangíveis para o negócio, garantindo que os investimentos em projetos contribuam diretamente para a realização dos objetivos corporativos. A gestão desse conjunto de projetos e programas, em que a empresa investe para implementar sua estratégia, pode envolver, por exemplo, programas de ativos, ações de melhoria e trabalhos de mudança na linha estratégica, entre outros. Apesar das possibilidades de sua abrangência, a gestão de portfólio de projetos, alerta Rajegopal (2007), não é suficiente para a organização gerenciar o *mix* de projetos sem a gestão dos próprios projetos, sendo fundamental o entendimento da necessidade do equilíbrio entre a gestão específica de cada projeto e a perspectiva do portfólio para indicar o alinhamento aos objetivos, em outras palavras, deve-se considerar que: a gestão de portfólio de projetos é fundamental para a tomada de decisão, governança e para garantir que os objetivos de negócios da organização estão apoiados pelo conjunto de projetos; o gerenciamento de projetos é fundamental para garantir que os orçamentos, alocação de recursos, atividades e trabalhos são precisos e entregues no prazo.

Outra definição, mais prática sob o ponto de vista operacional define que

a gestão do portfólio ou da carteira de projetos é um processo estruturado de decisão sobre quais projetos devem ou não ser desenvolvidos dentro da organização. Esse processo deve ser bem formalizado dentro da empresa e envolve atividades de avaliação dos projetos e produtos existentes, identificação de novas ideias, priorização e escolha. Seu resultado é uma decisão sobre cada projeto ou produto da empresa, envolvendo um dos cinco tipos básicos de escolha: criar novo; aprovar; redirecionar; congelar; cancelar. (ROZENFELD [et al.], 2006, p.134)

Tal decisão, sinaliza Rozenfeld et al. (2006), deve direcionar o conjunto final de projetos para satisfazer os três objetivos básicos da gestão de portfólio:

- *Maximizar o retorno financeiro:* a carteira de projetos deve proporcionar a maior rentabilidade possível à organização;
- *Alinhar com a estratégia da empresa:* refere-se ao grau de alinhamento dos projetos com as metas estratégicas da organização;

- *Balancear o portfólio de projetos*: manter o equilíbrio entre os níveis de inovação, risco e lucratividade, conforme estratégia da organização e cenários mercadológicos de curto e longo prazos.

O êxito em seus objetivos básicos ratifica a capacidade, da gestão de portfólio de projetos, de viabilizar a otimização do investimento em iniciativas de mudança ou manutenção dos níveis de desempenho de ativos e sistemas de ativos. Rajegopal (2007) atribui três responsabilidades aos projetos, que devem: contribuir para um fluxo de caixa positivo para a organização; utilizar eficazmente os recursos da organização; ajudar a posicionar a organização para o futuro sucesso e crescimento.

A atribuição de valor é uma questão importantíssima aos projetos propostos, configurando critérios à seleção de projetos e como estes serão priorizados, enfatiza Rajegopal (2007). Algumas técnicas para avaliação do portfólio são organizadas em três grupos distintos, por Rozenfeld et al. (2006), e avaliados em sua eficácia em relação aos objetivos básicos da gestão de portfólio:

- *Análise do Valor Comercial Esperado*: trata questões de investimento, retorno e riscos, aplicadas a um processo de avaliação de projetos sustentado por modelos de matemática financeira – método mais eficaz na comparação da maximização do valor, entretanto, apenas auxilia quanto ao balanceamento do portfólio e é ineficaz no alinhamento à estratégia da organização.
- *Modelos Baseados em Notas (Score)*: a partir de critérios definidos previamente, proporciona a atribuição de notas para avaliação de projetos – método considerado eficaz aos três objetivos básicos da gestão de portfólio, pois pode ser baseado em critérios adequados a cada objetivo básico, porém é menos eficiente em objetivos específicos, em razão de eventuais atribuições não imparciais na definição de critérios e respectivos pesos;
- *Modelos de Gráficos de Bolhas*: representação gráfica constituída por três dimensões, geralmente definidas em retorno financeiro, probabilidade de sucesso técnico e investimento requerido ao projeto, de modo a sintetizar diversas informações relevantes à avaliação de projetos – método mais eficaz no balanceamento do portfólio e que auxilia no alinhamento estratégico, contudo, ineficaz para priorização da maximização do valor.

Diante dessa relação entre os objetivos básicos e técnicas para avaliação, na gestão de portfólio de projetos, Rozenfeld [et al.] (2006, p.138) conclui que “o ideal é que a empresa adapte esses diferentes índices e técnicas criando uma metodologia própria de avaliação de portfólio, na qual as diferentes metodologias se complementem e se fundem”, de forma a potencializar os resultados estratégicos à organização, conforme decisões táticas, tanto técnicas quanto econômicas, orientadas à consolidação de estratégias em projetos de investimento, na gestão de ativos físicos em sistemas de produção industrial.

3.3 Tomada de decisão em projetos de investimento

A análise em decisões da gestão de portfólio de projetos é abordada, basicamente, em duas etapas distintas. A primeira avalia o projeto por si só, indicando a manutenção, ou não, da condição de sua viabilidade técnica-econômica, decorrente da substituição ou instalação de determinado ativo ou sistema de ativos, enquanto a etapa seguinte, a partir dos projetos julgados viáveis, considera riscos, rentabilidade e restrições orçamentárias para seleção de projetos do portfólio a serem executados. Tais restrições são motivadas por diversos aspectos econômicos, que, em tomada de decisões envolvendo investimento de capital, constituem um ambiente muito importante nesse processo, em razão, principalmente, da influência externa do mercado pelo comportamento dinâmico de variáveis macroeconômicas. Esse comportamento torna-se responsável por um fator extremamente relevante e desencadeador à determinação dos cenários econômicos esperados: o fator risco.

Ao tratar o risco, numa visão ampla do processo de avaliação econômica, devem ser consideradas tanto as incertezas tecnológicas em função de riscos operacionais associados ao desempenho de ativos ou sistemas de ativos, como também a variabilidade inerente ao ambiente macroeconômico para projeção de cenários. Em relação às incertezas tecnológicas, podem ser refletidas na constituição de receitas e/ou custos sinalizados nos fluxos de caixa, a partir de dados de confiabilidade de sistemas de ativos tratados em análises de desempenho operacional e estimativas de riscos operacionais, no caso deste trabalho, associados à função produção, segurança e meio ambiente. Premissas e restrições tecnológicas em propostas de

investimentos delimitam as possibilidades em termos de decisões empresariais e classificação da modalidade do investimento.

Assaf Neto (2009) identifica algumas possíveis decisões empresariais como parte integrante de um processo de investimento de capital, sobretudo as decisões de substituição de ativos, de ampliação da capacidade produtiva, de lançamento de novos produtos, entre outras. Essas propostas de investimentos de capital podem ser classificadas em quatro principais modalidades, conforme motivação interna para determinação de seus estudos:

- *Ampliação (expansão) do volume de atividades*: quando as capacidades, produtiva e de venda, estão aquém das necessárias para atendimento à demanda efetiva (atual e projetada) de seus produtos. Essa modalidade caracteriza-se por investimentos em máquinas, equipamentos e instalações, ou aquisição de outra empresa;
- *Reposição e modernização de ativos fixos*: ocorre em ambientes empresariais que já apresentem certo grau de crescimento e amadurecimento em suas atividades, demandando, por isso, substituição de ativos fixos obsoletos ou desgastados pelo uso. Também podem ser geradas propostas de investimento visando à modernização de seus ativos físicos;
- *Arrendamento ou aquisição*: decisões de investimento quando considerada a utilização de determinados ativos fixos sob a forma de arrendamento ou *leasing*, ou a plena aquisição desses ativos;
- *Outras origens*: demais modalidades de investimentos, entre elas, as propostas geradas por serviços externos de assessoria, pesquisa e desenvolvimento, publicidade, entre outros.

Tratando as propostas de investimentos de forma mais ampla, elas

devem partir das formulações estratégicas e competitivas das empresas, permitindo que se antecipem às novidades tecnológicas e de mercado futuras. Uma decisão de investimento de capital deve ser tratada, essencialmente, como uma decisão de longo prazo, em que se inserem preocupações com a continuidade e competitividade das empresas. (AASAF NETO, 2009, p.350)

O ganho em competitividade, considerado de acordo com o tema central deste trabalho, a matriz informacional de apoio à decisão tática para gestão de ativos industriais, aborda, principalmente, métodos para seleção de propostas de investimento, decorrentes de análises técnicas sustentadas por perdas de desempenho operacional de ativos ou sistemas de ativos. Para tanto, torna-se essencial, à gestão de investimentos, a avaliação do nível de deterioração física do ativo, realizada recorrentemente conforme programação consolidada a partir de critérios técnicos de monitoramento e controle de desempenho. A falta, ou falha, da previsão técnica do momento da substituição de um ativo físico acarreta diversas perdas industriais, como por exemplo, perdas por lucro cessante, por baixa qualidade do produto, por aumento do consumo de insumos, por redução de capacidade, entre outras.

Todavia, “um bem fixo, mesmo que se apresente em condições normais de uso, pode ser objeto de um estudo que vise a sua substituição por outro mais moderno, cujas despesas de manutenção e capacidade de operação sejam mais atraentes” (ASSAF NETO, 2009, p.350), visando à redução de gastos operacionais, através da modernização de seus ativos fixos, em decorrência de ganhos em eficiência e confiabilidade.

Um modelo para classificação das modalidades de investimentos, mais centrado aos aspectos tecnológicos, é proposto por Blank (2008), que identifica três fontes para definição da necessidade, ou não, de um estudo de substituição de ativos ou sistemas de ativos:

- *Desempenho reduzido.* Provocado pela deterioração física do ativo ou sistema de ativos, implica na incapacidade de desempenho igual, ou superior, ao nível esperado de confiabilidade ou produtividade, podendo gerar: aumento em custos operacionais, redução da qualidade, riscos à segurança e/ou maior gasto em manutenção;
- *Alteração das necessidades.* Falhas no cumprimento de novos requisitos funcionais e de desempenho, pelo ativo ou sistema de ativos, de acordo com novas especificações adotadas em revisões de processos, desencadeando, frequentemente, em remodelação ou ampliação na ação de melhoria, ou até em substituição completa;
- *Obsolescência.* A velocidade do desenvolvimento de novas tecnologias e o aumento da competitividade internacional condicionam os ativos e sistemas de ativos, apesar de ainda apresentarem um desempenho satisfatório, a serem menos produtivos em relação a novas alternativas disponíveis no mercado. Essa tendência

de redução progressiva do ciclo de desenvolvimento de novos produtos pode motivar substituições prematuras, não havendo a maximização da vida útil ou econômica estimada para o ativo ou sistema de ativos.

Um processo de avaliação e seleção de projetos de investimento de capital, segundo Assaf Neto (2009), considera os seguintes aspectos básicos de estudo: dimensionamento dos fluxos de caixa; avaliação econômica dos fluxos de caixa; definição da taxa de retorno esperada; mensuração do risco no processo de avaliação de investimentos. Retomando os modelos de tomada de decisão proposto por Choo (2006), conforme ilustrado no Quadro 3.1, a análise de investimento requer objetivos claros e rígida rotina em termos de procedimentos, características que configuram um modelo racional, que, em decisões de investimento, “envolve mensurar os resultados de caixa derivados das propostas de investimentos e avaliar sua atratividade econômica pela comparação com o custo do dinheiro”, afirma Assaf Neto (2009, p.348).

Nos processos de avaliação da atratividade econômica em projetos,

o aspecto mais importante de uma decisão de investimento centra-se no dimensionamento dos fluxos previstos de caixa a serem produzidos pelas propostas em análise. Em verdade, a confiabilidade sobre os resultados de determinado investimento é, em grande parte, dependente do acerto com que seus fluxos de entradas e saídas de caixa foram projetados. Na análise de investimentos, é fundamental o conhecimento não só de seus benefícios futuros esperados de caixa, mas também de sua distribuição ao longo da vida prevista do projeto. (AASAF NETO, 2009, p.357)

Justamente por qualificar informações à tomada de decisões, a gestão de risco, assim como as técnicas de confiabilidade que a fundamentam, implementam práticas que apoiam o processo decisório em níveis de planejamento tático e estratégico, independentemente das características específicas quanto ao tipo de investimento analisado. Segundo Assaf Neto (2009, p.378), “os métodos quantitativos de análise econômica de investimentos podem ser classificados em dois grandes grupos: os que não levam em conta o *valor do dinheiro no tempo* e os que consideram essa variação por meio do critério do *fluxo de caixa descontado*”, que ainda destaca a atenção preferencial aos métodos de fluxo de caixa descontado, como a

taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL), pela consistência conceitual e impacto às decisões de longo prazo. Ross (2007), além de VPL³³ e TIR³⁴, também salienta o método do valor anual uniforme equivalente (VAUE)³⁵, como os mais considerados para avaliação econômica de investimentos, entretanto, aponta certa superioridade do VPL, em razão de três atributos específicos a ele: o VPL utiliza fluxos de caixa; o VPL utiliza todos os fluxos de caixa do projeto; o VPL desconta os fluxos de caixa corretamente. A medida do VPL resulta da “diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previstos para cada período do horizonte de duração do projeto, e o valor presente do investimento (desembolso de caixa)”, define Assaf Neto (2009, p.380), apresentando a expressão matemática (3.1) para cálculo do VPL:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} - \left[I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} \right] \quad (3.1)$$

Onde:

FC_t : fluxo de caixa de cada período.

K : taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida.

I_0 : investimento processado no momento inicial.

I_t : valor do investimento previsto em cada período subsequente.

O VPL requer

a definição prévia da taxa de desconto a ser utilizada nos vários fluxos de caixa. Na verdade, o NPV³⁶ não apura diretamente a mensuração da

³³ Segundo Ross (2007, p.75), “o VPL é o valor presente dos fluxos futuros de caixa menos o valor presente do custo do investimento”.

³⁴ A TIR é a taxa de juros que implica no VPL do projeto nulo, segundo Ross (2007). Ela constitui uma referência para o reinvestimento de todos os fluxos recebidos.

³⁵ O VAUE é o “valor anual uniforme equivalente de todos os recebimentos e desembolsos estimados durante o ciclo de vida do projeto ou alternativa” (BLANK, 2008, p.218).

³⁶ NPV é a sigla de *Net Present Value*, termo em inglês para Valor Presente Líquido (VPL).

rentabilidade do projeto; ao descontar todos os fluxos de entradas e saídas de caixa de um investimento por uma taxa de desconto mínima aceitável pela empresa (definida por k na formulação), o *NPV* expressa, em última análise, seu resultado econômico (riqueza) atualizado.” (ASSAF NETO, 2009, p.380)

O critério de decisão com o VPL é definido por Assaf Neto (2009) da seguinte forma:

- $VPL > \$ 0 \rightarrow$ Projeto cria valor econômico. Aumenta a riqueza dos acionistas;
- $VPL = \$ 0 \rightarrow$ Projeto não cria valor econômico. Remunera somente o custo de oportunidade. Não altera a riqueza dos acionistas;
- $VPL < \$ 0 \rightarrow$ Projeto destrói valor econômico. Reduz a riqueza dos acionistas.

Portanto, o VPL “reflete quanto o projeto agregou de valor econômico. Em outras palavras, quanto valorizou em relação ao capital investido. O *NPV* é a riqueza do projeto, aproximando-se da medida de criação de valor do *MVA*³⁷” (ASSAF NETO, 2009, p.381).

Quanto à TIR, forte alternativa ao valor presente líquido,

representa o mais próximo que se pode chegar do VPL, sem que realmente se tenha um critério como o do VPL. O raciocínio básico por trás da TIR é o de que se procura obter uma única cifra para sintetizar os méritos de um projeto. Essa cifra não depende do que ocorre no mercado de capitais. É por esse motivo que é chamada de taxa interna de retorno; a cifra é interna ou intrínseca ao projeto e não depende de mais nada, a não ser dos fluxos de caixa do projeto. (ROSS, 2007, p.131)

Matematicamente, Assaf Neto (2009) define a TIR como a taxa de desconto que iguala, à data de início do investimento, as entradas e saídas previstas de caixa, podendo ser representada conforme equação (3.2):

³⁷ *MVA* é a sigla de *Market Value Added*, sigla em inglês correspondente a Valor de Mercado Agregado (VMA).

$$I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (3.2)$$

Onde:

I_0 : montante do investimento no momento de início do projeto.

I_t : montantes previstos de investimento em cada momento subsequente.

K : taxa de rentabilidade equivalente periódica (TIR).

FC_t : fluxos previstos de entradas de caixa em cada período de vida do projeto.

Quanto aos requisitos informacionais à TIR, em avaliações de propostas de investimento, “o cálculo da IRR ³⁸ requer, basicamente, o conhecimento dos montantes de dispêndio de capital (ou dispêndios, se o investimento prevê mais de um desembolso de caixa) e dos fluxos de caixa líquidos incrementais gerados pela decisão”, destaca Assaf Neto (2009, p.382).

O critério de decisão, quando considerado o método da TIR, estabelece a aceitação ou rejeição de determinada proposta de investimento, em função da comparação entre a taxa interna de retorno obtida e a rentabilidade mínima requerida pela organização aos seus investimentos, afirma Assaf Neto (2009), que de forma resumida define:

- $TIR \geq \text{taxa mínima de atratividade} \rightarrow$ investimento é economicamente atraente, devendo ser aceito;
- $TIR < \text{taxa mínima de atratividade} \rightarrow$ investimento destrói valor, devendo ser rejeitado.

Uma restrição ao método da TIR, fundamental à sustentação conceitual, considera que “o método de avaliação da IRR assume, implicitamente, que a taxa interna de retorno de um projeto somente será verdadeira se todos os fluxos de intermediários de caixa forem reinvestidos à própria IRR , conforme calculada para o investimento” (ASSAF NETO, 2009, p.388).

³⁸ *Internal Rate of Return (IRR)* é o termo em inglês para a Taxa Interna de Retorno (TIR).

O Quadro 3.2 resume os critérios de decisão para os métodos da TIR e VPL:

<i>Fluxos</i>	<i>Nº de TIR</i>	<i>Critério da TIR</i>	<i>Critério do VPL</i>
Primeiro fluxo de caixa é negativo e todos os demais fluxos são positivos	1	Aceitar se $TIR > r$ Rejeitar se $TIR < r$	Aceitar se $VPL > 0$ Rejeitar se $VPL < 0$
Primeiro fluxo de caixa é positivo e todos os demais fluxos são negativos	1	Aceitar se $TIR < r$ Rejeitar se $TIR > r$	Aceitar se $VPL > 0$ Rejeitar se $VPL < 0$
Alguns fluxos de caixa depois do primeiro são positivos e outros são negativos	Pode haver mais de uma	Não há uma TIR válida	Aceitar se $VPL > 0$ Rejeitar se $VPL < 0$

Quadro 3.2 – Critérios para TIR e VPL.
Fonte: ROSS, 2007, p.136

Outros dois métodos, aplicados para avaliação de projetos, são o índice de lucratividade e o índice de rentabilidade.

O primeiro, também denominado índice de valor presente, deriva do método do VPL, sendo “determinado por meio da divisão do valor presente dos benefícios líquidos de caixa pelo valor presente dos dispêndios (desembolso de capital) [...] Indica, em termos de valor presente, quanto o projeto oferece de retorno para cada unidade monetária investida.” (ASSAF NETO, 2009, p.395). Já o índice de rentabilidade “é o quociente entre o valor presente dos fluxos de caixa futuros esperados, posteriores ao investimento inicial, e o montante do investimento inicial.” (ROSS, 2007, p.140).

Concluindo a análise comparativa entre métodos de análise de investimentos, ainda vale ressaltar a variação das práticas adotadas quanto ao uso de técnicas quantitativas de orçamento de capital, que, segundo Ross (2007), em setores onde as organizações têm a capacidade de projetar fluxos de caixa mais precisos, há a tendência da aplicação do VPL, forte característica identificada nas indústrias de petróleo e gás, além do setor de energia, este o primeiro a utilizar a análise de VPL.

4 MATRIZ INFORMACIONAL DE APOIO À DECISÃO TÁTICA

Todo processo de tomada de decisão pode ser entendido por uma sucessão de atividades, interdependentes, alinhadas ao objetivo central da ação de planejamento ou controle em questão. Robbins (2002) apresenta um modelo racional de tomada de decisão estruturado em seis etapas³⁹, conforme a seguir:

O Modelo Racional de Tomada de Decisão em Seis Etapas	
1. Definir o problema	4. Gerar alternativas
2. Identificar critérios de decisão	5. Classificar cada alternativa segundo cada critério
3. Pesar os critérios	6. Calcular a decisão ótima

Quadro 4.1 – O modelo racional de tomada de decisão em seis etapas.
Fonte: ROBBINS, 2002, p.58

Baseado neste modelo, March⁴⁰ (1994) *apud* Robbins (2002) salienta os seguintes pressupostos específicos:

- ✓ *Clareza do problema.* O problema é claro e inequívoco. Disponibilidade de informações completas do contexto da decisão.
- ✓ *Opções conhecidas.* Possibilidade de identificação dos critérios importantes e da relação das alternativas viáveis e suas eventuais consequências.
- ✓ *Preferências claras.* Os critérios e as alternativas podem ser classificados e avaliados de modo a refletir sua importância.
- ✓ *Preferências constantes.* Os critérios específicos de decisão são constantes, e os pesos que lhes são atribuídos são estáveis no decorrer do tempo.
- ✓ *Não há restrições de tempo ou custo.* Possibilidade de informações completas sobre critérios e alternativas.
- ✓ *Máxima compensação.* A alternativa que propicia o maior valor será escolhida.

³⁹ Para uma análise do modelo racional, ver Harrison, E. F. *The Managerial Decision-Making Process*, 4ed., Boston: Houghton Mifflin, 1995, p. 75-113.

⁴⁰ March, J. G. *A Primer on Decision Making*, Nova Iorque: Free Press, 1994, p. 2-7.

Uma outra forma de descrição do processo de tomada de decisão, com menor número de estágios, porém mais ampla na abordagem gerencial, é proposta por Simon⁴¹ (1960) *apud* Laudon (2007), que define quatro estágios no processo de decisão: inteligência, concepção, seleção e implementação. A Figura 4.1 ilustra esses estágios, suas relações de interdependência e seus principais propósitos.

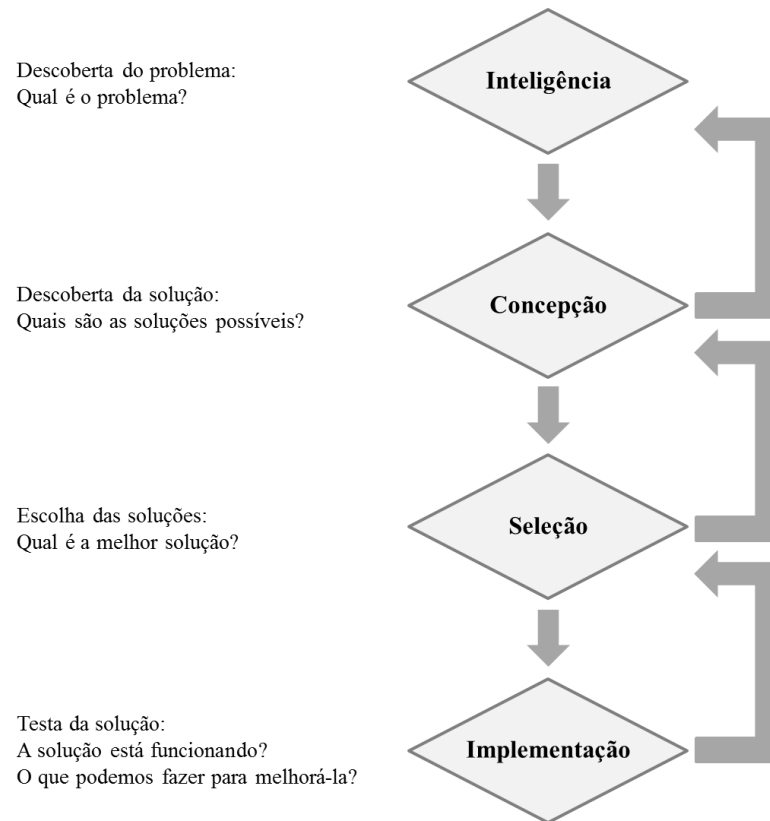


Figura 4.1 – Estágios da tomada de decisão.
Fonte: LAUDON, 2007, p.306

Uma interessante correlação pode ser admitida entre os estágios da tomada de decisão, propostos por Laudon (2007), e os requisitos normativos do processo da gestão de risco⁴², especificamente a avaliação e tratamento de riscos. Essa correlação pode ser exemplificada da seguinte maneira:

⁴¹ H. A. Simon, *The new science of management decision*. Nova York: Harper & Row, 1960.

⁴² As inter-relações entre os requisitos normativos referentes ao processo de gestão de risco, de acordo com a ABNT NBR ISO 31000:2009, estão ilustradas na Figura 3.1 (p.66).

✓ *Inteligência → Identificação de riscos:*

Na identificação de riscos, “convém que a organização identifique as fontes de risco, áreas de impactos, eventos (incluindo mudanças nas circunstâncias) e suas causas e consequências potenciais” (ABNT NBR ISO 31000:2009, p.17).

✓ *Concepção → Análise de riscos:*

A análise de riscos “pode fornecer uma entrada para a tomada de decisões [...] envolve a apreciação das causas e as fontes de risco, suas consequências positivas e negativas, e a probabilidade de que essas consequências possam ocorrer” (ABNT NBR ISO 31000:2009, p.18).

✓ *Seleção → Avaliação de riscos:*

Avaliar riscos “envolve comparar o nível de risco encontrado durante o processo de análise com os critérios de risco estabelecidos quando o contexto foi considerado. Com base nesta comparação, a necessidade do tratamento pode ser considerada” (ABNT NBR ISO 31000:2009, p.18).

✓ *Implementação → Tratamento de riscos:*

No tratamento de riscos, “convém que o risco residual seja documentado e submetido a monitoramento, análise crítica e, quando apropriado, a tratamento adicional” (ABNT NBR ISO 31000:2009, p.20).

A execução do processo decisório, inclusive na gestão de risco, nem sempre implica em seu desenvolvimento conjuntural sustentado de forma satisfatória, quando considerada a decisão final sob alguns aspectos associados à qualidade. Laudon (2007) apresenta seis dimensões da qualidade na tomada de decisão e seus respectivos reflexos à decisão, descritas do seguinte modo:

- Precisão: reflete a realidade;
- Abrangência: reflete uma consideração completa dos fatos e circunstâncias;
- Imparcialidade: reflete fielmente as preocupações e interesses das partes envolvidas;
- Velocidade: reflete a eficiência em relação ao tempo e outros recursos;

- Coerência: reflete um processo racional;
- Obediência a um processo: reflete o resultado de um processo conhecido.

Em processos de decisão envolvidos na gestão de ativos industriais, as dimensões da qualidade na tomada de decisão que tendem a ser consideradas com maior relevância são a precisão, abrangência, velocidade e coerência, podendo estar associadas aos princípios da BSI PAS 55:2008, respectivamente, por: ótima; holística, sistêmica e integrada; sustentável; sistemática e baseada no risco. Para tal, faz-se necessária a organização de um sistema de informação que habilite o processo de tomada de decisão a fim de atender aos requisitos funcionais de um sistema de gestão de ativos físicos, sobretudo em decisões envolvendo gestão de risco, avaliação técnica-econômica de projetos de investimento e, principalmente, definição e consolidação de estratégias de manutenção e projetos.

4.1 Conceitos e fundamentos de um sistema de informação ⁴³

Um sistema de informação organizacional deve ser capaz de proporcionar organização e integração de geração, processamento, armazenamento e comunicação de dados e informações indispensáveis à análise da situação e tomada de decisão, e não somente um arranjo compreensível de informações, explica Chiavenato (2010). Essa capacidade do sistema requer tipos diferentes de informações aos tomadores de decisão. O'Brien (2004, p.281) afirma que “o tipo de informações requeridas pelos tomadores de decisão está diretamente relacionado com o nível da tomada de decisão gerencial e o grau de estrutura nas situações de decisão que eles enfrentam”. A tomada de decisão gerencial pode ser escalonada nos níveis de administração estratégica, tática e operacional, destaca O'Brien (2004).

⁴³ Uma definição de informação, sob um ponto de vista amplo, é proposta por CHIAVENATO (2010, p.73): “informação significa redução da incerteza a respeito de alguma coisa”. Chiavenato (2010) atribui quatro fatores para determinação do valor da informação, conforme seu uso potencializa os benefícios à organização. Esses fatores são: adequação da informação, qualidade da informação, oportunidade da informação e quantidade de informação.

Quanto ao grau da estrutura e sua relação com o nível da decisão,

as decisões tomadas no nível da administração operacional tendem a ser mais estruturadas⁴⁴, as tomadas no nível tático mais semi-estruturadas⁴⁵ e as tomadas no nível da administração estratégica mais não-estruturadas⁴⁶ [...] os sistemas de informação devem ser projetados para produzir uma multiplicidade de produtos de informação destinados a atender às necessidades variáveis dos tomadores de decisão na organização como um todo. (O'BRIEN, 2004, p.282)

Buscando a multiplicidade requerida, os sistemas de informação podem constituir alternativas flexíveis ao nível de decisão e grau de estrutura apresentados,

existem quatro tipos de sistema que apoiam os diferentes níveis e tipos de decisão que acabamos de descrever [...] Os sistemas de informações gerenciais (SIG) fornecem resumos e relatórios de rotina com dados no nível de transação para a gerência de nível operacional e médio, oferecendo, assim, respostas a problemas de decisão estruturada e semi-estruturada. Os sistemas de apoio à decisão (SAD) fornecem ferramentas ou modelos analíticos para analisar grandes quantidades de dados, além de consultas interativas de apoio para gerentes de nível médio que enfrentam situações de decisão semi-estruturadas. Os sistemas de apoio ao executivo (SAE) são sistemas que fornecem à gerência sênior, normalmente envolvida em decisões não-estruturadas, informações externas (notícias, análises do mercado acionário e tendências setoriais) e resumos de alto nível quanto ao desempenho da empresa. Os sistemas de apoio à decisão em grupo (SADG) são sistemas especializados que oferecem um ambiente eletrônico no qual gerentes e equipes podem coletivamente tomar decisões e formular soluções para problemas não-estruturados e semi-estruturados. (LAUDON, 2007, p.306-307)

Tema deste trabalho, uma ferramenta informacional de apoio à decisão tática na gestão de ativos industriais exige um sistema SAD, que, de acordo com O'Brien (2004, p.286),

⁴⁴ Laudon (2007, p.304) define decisões estruturadas como aquelas que “são repetitivas e rotineiras e envolvem procedimentos predefinidos, de modo que não precisam ser tratadas como se fossem novas”.

⁴⁵ As decisões semi-estruturadas apresentam características dos outros dois tipos de decisão, “nesses casos, apenas parte do problema tem uma resposta clara e precisa, dada por um procedimento aceito”, afirma Laudon (2007, p.304).

⁴⁶ As decisões não estruturadas, segundo Laudon (2007, p.304), “são aquelas em que o responsável pela tomada de decisão deve usar seu bom senso, sua capacidade de avaliação e sua perspicácia na definição do problema”.

“podem utilizar modelos analíticos, bancos de dados especializados, as próprias percepções e julgamentos do tomador da decisão e um processo de modelagem computadorizado para apoiar a tomada de decisões empresariais semi-estruturadas e não estruturadas⁴⁷”.

A utilização de sistemas de apoio à decisão (SAD)

envolve um processo interativo de modelagem analítica. A utilização de um pacote de *software* SAD para apoio à decisão, por exemplo, pode resultar em uma série de telas em resposta a mudanças hipotéticas alternativas introduzidas por um gerente. Isso é diferente das respostas por demanda de sistemas de relatórios de informações, uma vez que os gerentes não estão solicitando informações pré-especificadas, mas explorando alternativas possíveis. Por isso, eles não precisam especificar antecipadamente suas necessidades de informações. Em vez disso, utilizam o SAD para encontrar as informações que precisam para ajudá-los a tomar uma decisão. Essa é a essência do conceito de sistema de apoio à decisão. (O'BRIEN, 2004, p.289)

As atividades de modelagem analítica, em sistemas SAD, podem ser classificadas em quatro tipos básicos, de acordo com O'Brien (2004):

- 1) *Análise do tipo what-if*: mudanças nas variáveis ou relações entre variáveis são introduzidas para observação das mudanças resultantes nos valores de outras variáveis;
- 2) *Análise de sensibilidade*: uma única variável tem seu valor alterado repetidas vezes, sendo observadas as mudanças resultantes sobre as demais variáveis. Constitui um caso especial da análise *what-if*;
- 3) *Análise de busca de metas (goal seeking)*: a partir de uma meta fixada para uma variável, as demais variáveis são alteradas repetidas vezes até que a meta seja alcançada. Essa análise estabelece uma dinâmica de desenvolvimento inversa às das análises *what-if* e de sensibilidade;
- 4) *Análise de otimização*: inicialmente deve ser encontrado o valor para uma ou mais variáveis-alvo, considerando eventuais restrições, e, em seguida, identificar os melhores valores para as variáveis-alvo a partir da mudança de uma ou várias outras variáveis repetidas vezes, sujeitas às limitações especificadas, até a

⁴⁷ Segundo O'Brien (2004), na administração tática, estruturas de decisão semi-estruturadas podem ser exemplificadas por orçamentos de capital e de programas, enquanto estruturas de decisão não-estruturadas podem envolver reengenharia de processos empresariais. Por fim, as estruturas de decisão consideradas estruturadas, na gestão tática, são configuradas pelo controle de programas.

obtenção do valor ótimo. Essa análise é uma extensão mais complexa de análise de busca de metas.

O desenvolvimento dessas análises de modelagem analítica é essencial à consistência de sistemas de apoio à decisão, que por sua vez, contribuem de forma significativa às estratégias e planos na gestão de ativos industriais. A fim de qualificar a modelagem analítica, o sistema de informação proporcionará as devidas condições para tal, quanto mais adequada for a sua organização à realidade processual da empresa nas atividades de tomada de decisão. Corroborando a capacidade de apoio à decisão tática do sistema de informação, uma ferramenta informacional será proposta ao sistema de gestão de ativos físicos: a matriz informacional de apoio à decisão tática.

4.2 Matriz informacional de apoio à decisão tática (MIADT)

A estruturação da matriz MIADT, uma ferramenta informacional de apoio ao processo decisório, proporciona como objetivo de sua aplicação, determinar o valor de variáveis conforme fluxo informacional, a partir de uma modelagem analítica das falhas funcionais de ativos e sistemas de ativos que implicam na indisponibilidade de sistemas de produção. A estrutura da matriz propõe o inter-relacionamento de elementos matriciais orientado à combinação de informações de natureza relevante à gestão de ativos físicos no nível de planejamento tático da organização.

4.2.1 Organização dos elementos matriciais e seus inter-relacionamentos

As informações tratadas na matriz MIADT são fundamentadas em elementos de forte relação à gestão de ativos industriais. Tais elementos e suas respectivas definições funcionais à conjuntura matricial são descritos da seguinte forma:

- ✓ *Ativos*: ativos ou sistemas de ativos físicos a serem considerados em decisões táticas envolvendo projetos de investimento;
- ✓ *Perdas*: perdas funcionais que implicam na interrupção da produção, classificadas conforme critérios específicos à organização;
- ✓ *Riscos*: riscos operacionais estratificados conforme função produção, segurança e meio ambiente;
- ✓ *Projetos (Análise)*: visão resultante da análise individual de projetos, considerando critérios técnicos e econômicos;
- ✓ *Finanças*: critérios de análise econômica de investimentos, sendo adotados VPL, TIR e VAUE;
- ✓ *Projetos (Decisão)*: cenário resultante das decisões na gestão de portfólio de projetos, considerando critérios técnicos e econômicos;
- ✓ *Estratégia de ação*: estratégias à gestão de ativos físicos, podendo ser relacionadas a projetos de investimento, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

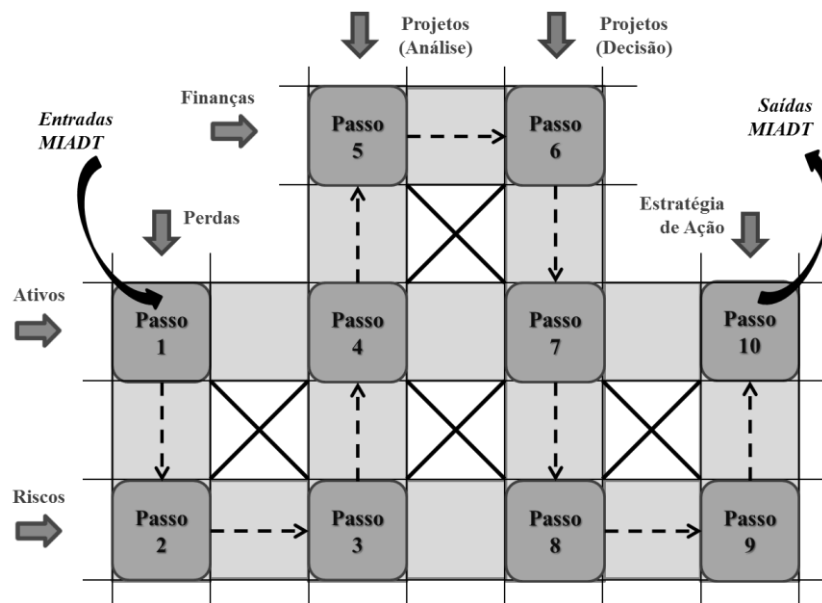


Figura 4.2 – Elementos matriciais, seus inter-relacionamentos e fluxo informacional.
Fonte: o autor

Conforme esboçado na Figura 4.2, o fluxo informacional da MIADT é composto por dez passos, estes configurados por métricas constituídas por inter-relacionamentos entre os

elementos matriciais, como por exemplo, o Passo 1 por Perdas e Ativos, Passo 2 por Perdas e Riscos, e assim sucessivamente, até o Passo 10 por Estratégia de Ação e Ativos, que corresponde as informações de saída da matriz. Portanto, a matriz apresenta dez métricas sequenciadas nos dez passos de sua estrutura. Os dados de entrada da matriz, no Passo 1, representam os riscos operacionais mensurados a partir da modelagem e simulação de dados relacionados ao desempenho de ativos e sistemas de ativos. A mensuração de riscos operacionais será abordada no transcorrer deste capítulo. Já as informações de saída de matriz, no Passo 10, indicam o fracionamento dos gastos projetados de acordo com as estratégias assumidas para projetos de investimento, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

4.2.2 Conceitos e fundamentos das métricas da matriz MIADT

As dez métricas da matriz MIADT são apresentadas a seguir, sendo conceituadas e fundamentadas individualmente, conforme os itens: definição, medida de mensuração ou tipo de classificação, objetivo, requisitos informacionais, método para tratamento da informação, horizonte de planejamento e clientes. A estrutura da matriz MIADT está ilustrada no Apêndice A.

4.2.2.1 Perdas por sistema de ativos

- *Definição*: perda da função operacional do sistema de ativos, acarretando em parada operacional de sistemas produtivos, e estratificada conforme tipos de perda.
- *Medida de mensuração*: unidade monetária.
- *Objetivo*: identificar os sistemas de ativos com maior responsabilidade em eventos de descontinuidade do processo produtivo e seus níveis de impacto.
- *Requisitos informacionais*: dados de falha de ativos e sistemas de ativos, considerando função operacional requerida, local de instalação, equipamento, descrição do evento de falha, tipo de perda, data/hora da ocorrência da falha e data/hora da partida do equipamento com restabelecimento da produção.

- *Método para tratamento da informação:* cálculo do impacto financeiro das perdas projetadas conforme riscos operacionais mensurados, composto por projeção do tempo de indisponibilidade operacional, ritmo da capacidade de produção, fatores técnicos de produção e margem líquida do produto final da cadeia de produção.
- *Horizonte de planejamento:* mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes:* Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos; Contratos; Compras.

4.2.2.2 Riscos por tipo de perda

- *Definição:* riscos operacionais classificados conforme função produção, segurança e meio ambiente, relativos às perdas funcionais estratificadas no passo anterior.
- *Medida de mensuração:* unidade monetária.
- *Objetivo:* quantificar os riscos operacionais a partir da estratificação de perdas funcionais, de modo a facilitar o tratamento dos riscos na elaboração do escopo de projetos de investimentos.
- *Requisitos informacionais:* perdas funcionais estratificadas conforme sistema de classificação e função operacional de ativos e sistemas de ativos.
- *Método para tratamento da informação:* cálculo do impacto financeiro dos riscos operacionais por tipo de perda, composto por tempo de indisponibilidade operacional, ritmo da capacidade de produção, fatores técnicos de produção e margem líquida do produto final da cadeia de produção.
- *Horizonte de planejamento:* mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes:* Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos.

4.2.2.3 Estimativa da mitigação de riscos por projeto

- *Definição:* mitigação de riscos estimada em decorrência da implementação de mudanças planejadas em projetos de investimento.
- *Medida de mensuração:* unidade monetária.

- *Objetivo*: mensurar a capacidade de mitigação de riscos operacionais por projeto de investimento.
- *Requisitos informacionais*: avaliação de riscos operacionais e escopo do projeto de investimento.
- *Método para tratamento da informação*: cálculo do impacto financeiro da mitigação de riscos estimada conforme planejamento de projetos de investimento propostos, composto por tempo de indisponibilidade operacional atual, indisponibilidade operacional futura, ritmo da capacidade de produção, fatores técnicos de produção e margem líquida do produto final da cadeia de produção.
- *Horizonte de planejamento*: mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes*: Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos.

4.2.2.4 Investimentos projetados por conta de sistemas de ativos

- *Definição*: valor planejado para execução do projeto de investimento por sistema de ativos.
- *Medida de mensuração*: unidade monetária.
- *Objetivo*: proporcionar uma comunicação dinâmica e confiável (atual) entre as áreas envolvidas, tanto na rotina operacional do sistema de ativos, quanto no planejamento do projeto de investimento e tratamento contábil.
- *Requisitos informacionais*: dados de ordens de investimento.
- *Método para tratamento da informação*: seleção e classificação dos valores envolvidos nas ordens de investimento planejadas, por sistema de ativos.
- *Horizonte de planejamento*: mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes*: Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos; Controladoria.

4.2.2.5 Medição de indicadores financeiros por projeto de investimento

- *Definição*: cálculo de VPL, TIR e VAUE.
- *Medida de mensuração*: unidade monetária para VPL e VAUE, e adimensional para TIR.
- *Objetivo*: análise econômica de projetos de investimento.
- *Requisitos informacionais*: investimento, fluxo de caixa e taxas de juros.
- *Método para tratamento da informação*: cálculo de VPL, TIR e VAUE conforme já citado no Capítulo 3.
- *Horizonte de planejamento*: mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes*: Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos.

4.2.2.6 Decisão em projetos por critério de avaliação de investimento

- *Definição*: *ranking* para classificação de projetos conforme processo da gestão de portfólio de projetos e apoiado nos critérios de análise econômica de projetos de investimento.
- *Tipo de classificação*: *ranking*.
- *Objetivo*: ordenar sequenciamento dos projetos de investimento conforme o grau de atratividade verificado no processo de gestão de portfólio de projetos.
- *Requisitos informacionais*: dados técnicos do desempenho operacional de sistemas produtivos e seus níveis de incerteza por escopo de projeto, além de dados para análise econômica de projetos, como VPL, TIR e VAUE.
- *Método para tratamento da informação*: métodos de análise econômica conforme critérios VPL, TIR e VAUE, além de técnicas de gestão de portfólio como Análise do Valor Comercial Esperado, Modelos Baseados em Notas e Modelos de Gráfico de bolhas.
- *Horizonte de planejamento*: mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.

- *Clientes:* Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos; Contratos; Compras; Qualidade; Meio Ambiente; Segurança e Saúde Ocupacional.

4.2.2.7 Investimentos aprovados por conta de sistemas de ativos

- *Definição:* valor aprovado para execução do projeto de investimento por sistema de ativos.
- *Medida de mensuração:* unidade monetária.
- *Objetivo:* proporcionar uma comunicação dinâmica e confiável (informações não obsoletas) entre as áreas envolvidas, tanto na rotina operacional do sistema de ativos, quanto na execução do projeto de investimento e tratamento contábil.
- *Requisitos informacionais:* dados de ordens de investimento e aprovações na gestão de portfólio de projetos.
- *Método para tratamento da informação:* seleção e classificação dos valores envolvidos nas ordens de investimento aprovadas, por sistema de ativos.
- *Horizonte de planejamento:* mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes:* Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos; Controladoria.

4.2.2.8 Tratamento de riscos por decisão em projeto

- *Definição:* valor equivalente à mitigação de riscos operacionais com a execução do projeto de investimento.
- *Medida de mensuração:* unidade monetária.
- *Objetivo:* quantificar o impacto da execução do projeto de investimento na gestão de riscos operacionais conforme função produção, segurança e meio ambiente.
- *Requisitos informacionais:* fração do risco operacional mitigada com a execução do projeto.

- *Método para tratamento da informação:* cálculo do impacto financeiro do tratamento de riscos conforme projetos de investimento aprovados para execução, composto por tempo de indisponibilidade operacional, ritmo da capacidade de produção, fatores técnicos de produção e margem líquida do produto final da cadeia de produção.
- *Horizonte de planejamento:* mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes:* Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos; Contratos; Compras; Qualidade; Meio Ambiente; Segurança e Saúde Ocupacional.

4.2.2.9 Riscos mitigados por estratégia de ação

- *Definição:* valor equivalente à mitigação de riscos operacionais conforme a estratégia de ação adotada.
- *Medida de mensuração:* unidade monetária.
- *Objetivo:* quantificar o impacto da mitigação de riscos operacionais nas estratégias de projetos (execução de projetos de investimento) e manutenção (manutenção preventiva e manutenção preditiva).
- *Requisitos informacionais:* fração do risco operacional mitigada com a implementação da estratégia.
- *Método para tratamento da informação:* cálculo do impacto financeiro da mitigação de riscos conforme estratégia de projeto ou manutenção adotada, composto por tempo de indisponibilidade operacional, ritmo da capacidade de produção, fatores técnicos de produção e margem líquida do produto final da cadeia de produção.
- *Horizonte de planejamento:* mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes:* Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos; Contratos; Compras; Qualidade; Meio Ambiente; Segurança e Saúde Ocupacional.

4.2.2.10 Gastos com estratégias por sistema de ativos

- *Definição*: gastos estratificados conforme estratégia de ação adotada por sistema de ativos.
- *Medida de mensuração*: unidade monetária.
- *Objetivo*: quantificar o gasto com a implementação de estratégias de projetos (execução de projetos de investimento) e manutenção (manutenção preventiva e manutenção preditiva) por sistema de ativos.
- *Requisitos informacionais*: recursos, custos e despesas envolvidos na estratégia adotada.
- *Método para tratamento da informação*: cálculo dos gastos relacionados à implementação da estratégia adotada e sua manutenção no período de horizonte de planejamento.
- *Horizonte de planejamento*: mês; semestre; ano; campanha; baseado no ciclo de vida.
- *Clientes*: Processo; Planejamento e Controle de Produção; Planejamento e Controle de Manutenção; Projetos; Contratos; Compras; Qualidade; Meio Ambiente; Segurança e Saúde Ocupacional; Controladoria.

4.3 Mensuração de riscos operacionais

Este trabalho exemplifica a mensuração de riscos operacionais através de uma projeção fundamentada na realização de modelagem e simulação a partir de modelos matemáticos de distribuição probabilística para análises de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. A modelagem trata de dados de vida relativos ao desempenho operacional de ativos que compõem sistemas de ativos envolvidos em projetos pertencentes ao portfólio de projetos de uma empresa do setor de químicos e fertilizantes. Para conceituação e estruturação de tais análises, esta subseção do trabalho é constituída pelos elementos: carteira de projetos para estudo de caso; determinação de riscos operacionais a partir da análise RAM; modelagem e simulação.

4.3.1 Carteira de projetos para estudo de caso

A mensuração de riscos apresenta uma análise restrita à cadeia produtiva do MAP (Monoamôniofosfato – fertilizante fosfatado de alta concentração), considerando três projetos do programa da referida cadeia de produção, esboçada a seguir:



Figura 4.3 – Cadeia produtiva do fertilizante MAP.

Fonte: o autor

Antes do detalhamento das informações dos projetos considerados, é válida a exploração da linha conceitual de algumas práticas de gestão de projetos, nesse momento, especificamente, questões referentes ao gerenciamento de programas⁴⁸.

Pode-se definir gerenciamento de programas como

o gerenciamento centralizado e coordenado de um programa para atingir os objetivos e benefícios estratégicos do mesmo. Os projetos dentro de um programa são relacionados através do resultado comum ou da capacidade coletiva. Se a relação entre projetos for somente a de um cliente, vendedor, tecnologia ou recurso compartilhado, o esforço deve ser gerenciado como um portfólio de projetos e não como um programa. (PMI, 2008, p.10)

No caso específico da cadeia produtiva de fertilizantes fosfatados, o relacionamento entre os projetos do programa referente ao MAP é caracterizado através da capacidade coletiva, devido às relações, configuradas em série, entre os processos produtivos para obtenção do produto final. Essas relações provocam interdependências nos projetos e, aponta

⁴⁸ Segundo PMI (2008, p.9), os programas podem incluir elementos de trabalho relacionado fora do escopo de projetos distintos no programa. Um projeto pode ou não fazer parte de um programa, mas um programa sempre terá projetos.

PMI (2008), contribuem para o gerenciamento do programa, que por sua vez, estabelecem a melhor abordagem para gerenciar os projetos.

Há três possíveis objetivos para o tratamento de ações que envolvem tais interdependências:

soluções de restrições e/ou conflitos de recursos que possam afetar múltiplos projetos no sistema; alinhamento da orientação estratégica/organizacional que afeta as metas e objetivos do projeto e do programa; soluções de problemas e gerenciamento de mudanças em uma estrutura de governança compartilhada. (PMI, 2008, p.10)

Os projetos foram escolhidos em comum acordo entre o autor e o representante da empresa, conferindo boas possibilidades conceituais para abordagem metodológica proposta. Os projetos e seus respectivos ativos para mensuração de riscos operacionais são:

1. *Projeto 1 (Unidade de Ácido Sulfúrico): Up-grade* do sistema de controle da unidade de ácido sulfúrico.
 - i. PLC do sistema de controle da unidade de ácido sulfúrico.
2. *Projeto 2 (Unidade de Ácido Fosfórico): Implantação* de sistema de lavagem automático da tela do filtro de polpa da unidade de ácido fosfórico.
 - i. Filtro de polpa da unidade de ácido fosfórico;
 - ii. Bombas de alta pressão para lavagem do tecido filtrante.
3. *Projeto 3 (Unidade de Fertilizante Monoamôniofosfato-MAP): Adequação* ambiental da unidade de MAP, com a implantação de lavadora de gases e particulados em suspensão da granulação.⁴⁹
 - i. Lavadora de gases;
 - ii. Bomba de circulação de solução.

⁴⁹ Vale ressaltar que os ativos relacionados ao Projeto 3 serão incrementados à planta, por essa razão, a coleta de dados para mensuração dos riscos operacionais refere-se a ativos com requisitos funcionais e propriedades físico-operacionais similares aos dos novos ativos.

4.3.2 Determinação de riscos operacionais a partir da análise RAM⁵⁰

Retomando os quatro modelos do processo de tomada de decisões, propostos Choo (2006), e já citados no Capítulo 3, o modelo racional apresenta fortes características aplicáveis ao contexto metodológico adotado na mensuração de riscos: visa objetivos específicos claramente definidos; segue, sistematicamente, procedimentos objetivos e programas de desempenho. Como parte integrante desse processo decisório, a determinação de riscos operacionais, quanto ao desempenho de ativos e sistemas de ativos físicos, requer um método, com suas atividades definidas de forma a proporcionar o contínuo desenvolvimento desse processo.

A metodologia para mensuração dos riscos operacionais, estruturada conforme esboçado na Figura 4.4, apresenta três estágios de desenvolvimento: coleta e tratamento de dados de vida (desempenho operacional) de ativos e sistemas de ativos; modelagem matemática a partir de análises de dados de vida; simulação para análise da confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade de sistemas. Posteriormente, para alimentação da matriz MIADT, os riscos operacionais mensurados, assumidos como equivalentes à indisponibilidade funcional de ativos e sistemas de ativos, e convertidos a valores monetários conforme já discutido.

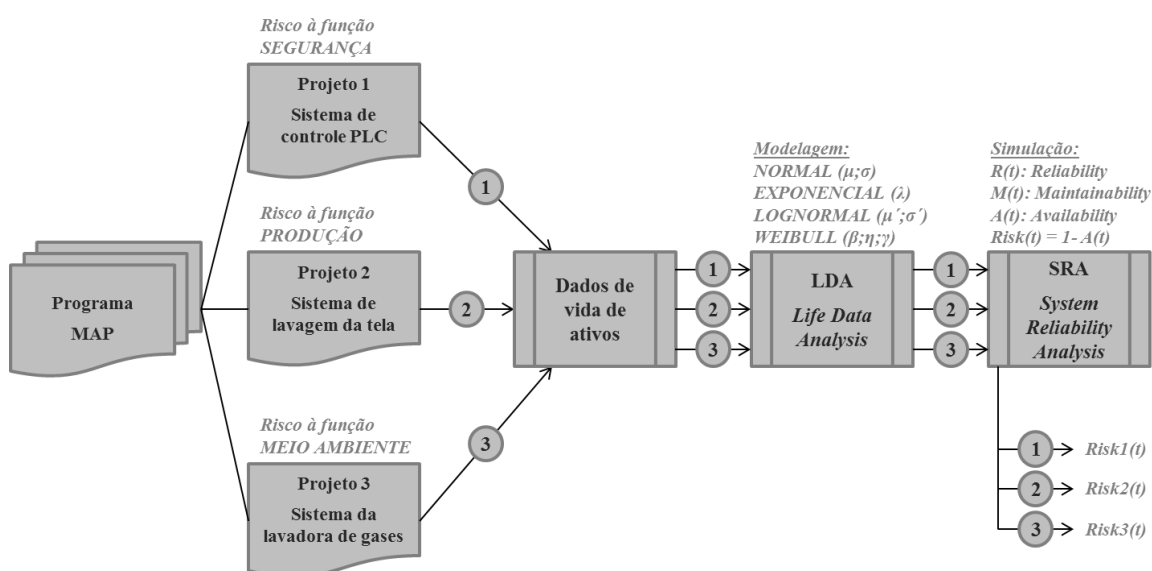


Figura 4.4 – Estruturação da metodologia para mensuração dos riscos operacionais.

Fonte: o autor

⁵⁰ Sigla correspondente a *Reliability-Availability-Maintainability*, termos em inglês equivalentes a Confiabilidade-Disponibilidade-Mantenabilidade.

A fim de se sistematizar um modelo racional, ao processo de tomada de decisões, um algoritmo genérico para confiabilidade e análise de risco, com base em variáveis aleatórias⁵¹, segundo Todinov (2005), pode ser estruturado, resumidamente, nos seguintes passos:

1. Identificar todos os fatores básicos que controlam confiabilidade e risco.
2. Definição de variáveis aleatórias correspondentes aos fatores básicos.
3. Seleção de modelos estatísticos apropriados para as variáveis aleatórias.
4. Atualização dos parâmetros do modelo de acordo com novas observações.
5. Construir um modelo de confiabilidade e risco incorporando os modelos estatísticos de variáveis aleatórias.
6. Análise da qualidade do modelo.
7. Resolver o modelo usando técnicas analíticas ou numéricas.
8. Gerar limites de incerteza dos resultados previstos a partir do modelo.

As distribuições de probabilidade consideradas para a escolha daquela a ser adotada no modelo de distribuição de cada componente, para análise de dados de vida, estão indicadas no Quadro 4.2, com suas funções pdf ⁵² e $R(t)$ ⁵³ e seus respectivos parâmetros. Buscando definir o modelo que melhor represente o comportamento dos dados amostrais, no processo de modelagem, a estimativa dos parâmetros deve ser realizada através da função verossimilhança, pois, no caso de desempenho de ativos existe a possibilidade de amostras de tamanho significativo e, sobretudo, amostras que, além de dados completos, que correspondem aos dados de falha dos itens que falharam em até um determinado período de monitoramento, podem apresentar dados em suspensão, ou também definidos como dados censurados à direita, que representam dados de vida de itens que não falharam até o mesmo período de monitoramento.

⁵¹ Devore (2006, p.86) define, para um dado espaço amostral δ , uma variável aleatória como “qualquer regra que associe um valor a cada resultado de δ . Em termos matemáticos, uma variável aleatória é uma função cujo domínio é o espaço amostral e o contradomínio é um conjunto de números reais”.

⁵² Devore (2006, p.129) define a função pdf , sigla em inglês para função de densidade de probabilidade, da seguinte forma: “seja X uma variável aleatória contínua. A distribuição de probabilidade ou função de densidade de probabilidade (fdp) de X será, então, uma função $f(x)$ tal que, para quaisquer dois números a e b com $a \leq b$, $P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x)dx$ ”.

⁵³ A função confiabilidade é expressa por $R(t) = \int_t^\infty f(t)dt$.

<i>Modelo de distribuição</i>	<i>Função pdf, f(t)</i>	<i>Função Confiabilidade, R(t)</i>	<i>Parâmetros</i>
Normal	$f(t) = \frac{1}{\sigma (2\pi)^{1/2}} \exp \left(- \frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right)$	$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma (2\pi)^{1/2}} \exp \left(- \frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right) dt$	$\mu ; \sigma$
Exponencial	$f(t) = \lambda \exp (-\lambda t)$	$R(t) = \exp (-\lambda t)$	λ
Log-Normal	$f(t) = \frac{1}{\sigma t (2\pi)^{1/2}} \exp \left(- \frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2} \right)$	$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma t (2\pi)^{1/2}} \exp \left(- \frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2} \right) dt$	$\mu ; \sigma$
Weibull	$f(t) = \frac{\beta}{(\eta)^\beta} (t - \gamma)^{\beta-1} \exp \left(- \left(\frac{(t - \gamma)}{\eta} \right)^\beta \right)$	$R(t) = \exp \left(- \left(\frac{(t - \gamma)}{\eta} \right)^\beta \right)$	$\beta ; \eta ; \gamma$

Quadro 4.2 – Distribuições de probabilidade consideradas na modelagem.

Fonte: adaptado de O'Connor (2002)

A função verossimilhança considera que

sejam $x_1, x_2, \dots, x_n$ as observações em uma amostra aleatória de tamanho n de uma distribuição de probabilidades $f(x; \theta)$. A distribuição conjunta avaliada nesses valores da amostra é o produto $f(x_1; \theta) \cdot f(x_2; \theta) \cdot \dots \cdot f(x_n; \theta)$ [...] a função verossimilhança é essa distribuição conjunta considerada como função de θ . (DEVORE, 2006, p.309)

Conforme ReliaSoft (2003), o método da máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood Estimation - MLE*) consiste em uma das técnicas mais robustas para a estimativa de parâmetros. Tal característica justifica a aplicação do método MLE, pois além de utilizar a função densidade de probabilidade para o termo relativo aos dados completos, ele também pode incorporar um segundo termo para os dados em suspensão, estes considerados na função densidade cumulativa. ReliaSoft (2003) apresenta a função verossimilhança, com esses dois termos, conforme a expressão matemática (4.1):

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \cdot \prod_{j=1}^m [1 - F(y_j; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)] \quad (4.1)$$

Onde:

$$L \rightarrow L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m),$$

n : número de dados completos correspondente aos itens que falharam

m : número de dados suspensos correspondente aos itens que não falharam

θ_k : são os parâmetros das distribuições

x : tempo até a falha

y : tempo até a suspensão

Já em relação à manutenibilidade, baseado na NBR 5462⁵⁴, Lafraia (2001, p.161) a define como “facilidade de um item em ser mantido ou recolocado no estado no qual pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos”. Lafraia (2001) também salienta que ela é uma característica de projeto, responsável direta pela facilidade de manutenção e pelo tempo de manutenção, além de implicar em custos e funções executadas pelo item.

Em situações de intervenção corretiva de manutenção, sempre verificada em eventos de falha funcional com interrupção da produção, casos considerados para a mensuração de riscos operacionais neste trabalho, o tempo de manutenção engloba, segundo Lafraia (2001), tanto o tempo de manutenção ativa (isolar a falha, realização efetiva da manutenção, testar) como também o tempo administrativo (planejamento da intervenção, mobilização e deslocamento de pessoal, obtenção de materiais, entre outros). Lafraia (2001, p.162) diz que “a manutenibilidade é frequentemente especificada através do tempo médio de manutenção ativa (*Mean Active Maintenance Time – MAMT*), pois, é este tempo que o projetista do equipamento pode influenciar durante a fase de projeto”.

⁵⁴ A norma ABNT NBR 5462:1994 define os termos relacionados com a confiabilidade e manutenibilidade. (ver <http://www.abntcatalogo.com.br>)

Matematicamente, as distribuições de probabilidade aplicadas à confiabilidade, como as apresentadas no Quadro 4.2, podem ser adotadas de modo similar para a manutenibilidade, porém considerando o tempo de reparo ao invés do tempo até falha.

Por fim, fechando a conceituação das métricas envolvidas na análise RAM, Lafraia (2001, p.197) define disponibilidade como “a probabilidade de que um sistema esteja em condição operacional no instante t . Esta definição tem sido usada para expressar o conceito de disponibilidade instantânea, tendo em vista a sua dependência temporal implícita”. A disponibilidade instantânea ou pontual, $A(t)$, no instante t , é expressa matematicamente, conforme ReliaSoft (2007), pela expressão (4.2):

$$A(t) = R(t) + \int_0^t R(t-u) m(u) du \quad (4.2)$$

Onde:

$R(t)$: confiabilidade até o tempo t .

$\int_0^t R(t-u) m(u) du$: probabilidade da ação corretiva, com um tempo de reparo u , ser efetivamente executada até o tempo de missão t .

$m(u)$: função densidade de reparação do sistema.

Quando considerada a fração do tempo em que o sistema esteja disponível para operação, durante uma missão até o tempo T , o conceito em questão é a disponibilidade média, $\overline{A(T)}$, no intervalo de 0 a T , podendo ser apresentada pela expressão (4.3), segundo Lafraia (2001) e ReliaSoft (2007):

$$\overline{A(T)} = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt \quad (4.3)$$

Onde:

$A(t)$: disponibilidade pontual no instante t .

Quanto ao risco operacional tratado neste trabalho, a projeção do tempo de indisponibilidade operacional, esse risco no período de campanha t , denominado por $Risk(t)$, pode ser considerado como equivalente à indisponibilidade média, logo, tal risco operacional pode ser descrito conforme expressão (4.4):

$$Risk(t) = 1 - \overline{A(T)} = 1 - \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt \quad (4.4)$$

4.3.3 Modelagem e simulação

Para exemplificar o método de quantificação do risco operacional para projeção das perdas, por sistema de ativos, a ser considerada na alimentação da matriz MIADT, a modelagem e simulação foram desenvolvidas com o apoio dos *softwares* Weibull++[®] e BlockSim[®], respectivamente. Estes *softwares*, em suas versões 9, integram a plataforma de confiabilidade SYNTHESIS[®], desenvolvida pela empresa ReliaSoft. O processo de mensuração do risco operacional está descrito no Apêndice B.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentou a gestão de ativos industriais com um enfoque sistêmico, orientado às interdependências entre os níveis de planejamento operacional, tático e estratégico, especialmente entre os dois últimos. A adequada estruturação de um sistema de gestão da qualidade, sensível à dinâmica organizacional nos ambientes externo e, principalmente, interno, é imprescindível à sustentabilidade econômica de setores produtores de *commodities*, através do contínuo alinhamento da estratégia de produção às demandas internas do controle estratégico da organização.

Nesse sentido, o *Balanced Scorecard* torna-se um interessante método gerencial a fim de se planejar, medir e controlar o desempenho da empresa quanto à eficácia operacional. Todavia, apenas a eficácia operacional não é capaz de consolidar a rentabilidade em médio e longo prazo, apesar de ser essencial à gestão estratégica, mas sim sua relação com a eficiência operacional de processos produtivos, apresentando forte impacto aos resultados operacionais, em termos de desempenho de ativos e sistemas de ativos ao longo do ciclo de vida.

Outro aspecto relevante abordado são os benefícios que a implementação de um sistema de gestão de ativos físicos pode promover aos processos em todos os níveis de planejamento. Para estruturação de um sistema de gestão de ativos, uma norma muito difundida nos últimos anos é a BSI PAS 55:2008, especificação que trata a gestão de ativos físicos, entre outros atributos, de forma holística, sistêmica, integrada, sustentável e baseada em risco. Estes princípios podem viabilizar, ao processo de planejamento e controle de manutenção, uma cultura tática que possibilite, de fato, uma condição muito significativa à gestão de manutenção: gerenciar suas estratégias, planos e procedimentos com base no nível de criticidade da função operacional requerida aos ativos e sistemas de ativos, considerando os requisitos funcionais e de desempenho em análises qualitativas e quantitativas. Uma alternativa à convergência dessas análises é apoiada em métodos e ferramentas propostos pela confiabilidade, pois ao adotar-se a engenharia da confiabilidade como um instrumento gerencial à gestão de ativos industriais, a gestão de risco passa a ser delineada, especialmente, em função de riscos operacionais. Uma forte referência nesse processo é a norma ABNT NBR ISO 31000:2009, que embora expresse uma abordagem genérica à administração de riscos, seus princípios e diretrizes apresentam forte consistência à estrutura e aos processos

propostos, além de sua alta aplicabilidade à gestão de ativos físicos. Um dos principais objetivos da implantação da gestão de risco no ambiente industrial é a alavancagem das oportunidades para racionalização da produção, derivadas da consolidação dos processos de identificação, avaliação e controle de riscos operacionais, sustentando os ganhos em eficiência operacional.

Outro ponto proposto refere-se à classificação dos riscos operacionais com base no objetivo primário da função operacional requerida ao ativo, podendo tal objetivo ser vinculado à produção, segurança ou meio ambiente. A conceituação dessa classificação sugerida assume que, apesar do desempenho de ativos ser medido sempre em relação ao seu efeito na produção, suas operações são justificadas pela necessidade decorrente da função operacional requerida, que nem sempre é relacionada diretamente à produção, mas também pode ser associada indiretamente a ela, por meio de aspectos ambientais e de segurança com obrigatoriedade estabelecida em requisitos legais, requisitos normativos ou restrições tecnológicas. Essa classificação dos riscos operacionais também proporciona uma melhor condição para organização das atividades de planejamento e controle dos sistemas de gestão da qualidade, gestão ambiental e gestão de segurança, pois favorece a visão holística de cada sistema de gestão e a aplicação de seus requisitos específicos aos diversos processos industriais das unidades de negócio da organização.

Por fim, a estruturação da matriz MIADT, uma ferramenta informacional concebida a partir dos elementos matriciais: Ativos; Perdas; Riscos; Projetos (análise); Finanças; Projetos (decisão); Estratégia de ação. A combinação desses elementos resulta em dez métricas com objetivos específicos de qualificar o método para determinação de informações requeridas ao processo de tomada de decisão tática em gestão de ativos industriais, e dinamizar o fluxo informacional, especialmente à gestão de portfólio de projetos de investimento. As métricas resultantes apresentadas nesta pesquisa são: *Perdas por sistema de ativos; Riscos por tipo de perda; Estimativa da mitigação de riscos por projeto; Investimentos projetados por conta de sistemas de ativos; Medição de indicadores financeiros por projeto de investimento; Decisão em projetos por critério de avaliação de investimento; Investimentos aprovados por conta de sistemas de ativos; Tratamento de riscos por decisão em projeto; Riscos mitigados por estratégia de ação; Gastos com estratégias por sistema de ativos*. Enquanto a informação de saída na matriz aborda os gastos projetados conforme estratégia, tanto em projetos de investimento (substituição ou instalação de ativos) quanto em manutenção preventiva e preditiva, a informação de entrada na matriz reflete as perdas por sistema de ativos, tendo sua

projeção estimada a partir do tempo de indisponibilidade operacional esperado, conforme horizonte de planejamento admitido na elaboração de cenários para tomada de decisão.

Para determinação do tempo de indisponibilidade operacional projetado, a pesquisa sugere a análise RAM (*Reliability, Availability and Maintainability*), um método constituído, resumidamente, por duas etapas: a análise de dados de vida (*Life Data Analysis – LDA*) e a análise da confiabilidade de sistemas (*System Reliability Analysis – SRA*). As análises LDA e SRA tratam, respectivamente, da determinação de modelos matemáticos que representem a confiabilidade do ativo ao longo do tempo e da simulação dos modelos de confiabilidade e manutenibilidade para estimar a disponibilidade do sistema de ativos, no caso deste trabalho, a disponibilidade média para uma campanha de dois anos.

Uma limitação desta pesquisa é a consideração apenas dos eventos de falha funcional de ativos, que provocam interrupção no processo produtivo, na aplicação do método para projeção do tempo de indisponibilidade média. Isto gera uma interessante oportunidade para pesquisas futuras: um algoritmo matemático para gestão de perdas, abordando, além das perdas decorrentes de falhas funcionais, as perdas por capacidade e qualidade, conforme metodologia para cálculo da métrica OEE, envolvendo conceitos, fundamentos e métodos das áreas da Pesquisa Operacional (Programação Linear e Não-linear) e da Qualidade (Seis Sigma). A adoção do OEE como referência tende a propiciar uma dinâmica gerencial favorável à qualidade, velocidade e confiabilidade do fluxo informacional na integração entre os níveis de planejamento da organização. Uma segunda oportunidade para novas pesquisas é consequência da anterior, pois em razão da elevada densidade informacional a ser observada nos processos gerenciais para sustentação de um algoritmo conforme abordado, far-se-á necessário um sistema de informação mais robusto às demandas da gestão de manutenção, gestão de risco e gestão de projetos. Essa eventual necessidade implicará em ajustes estruturais do próprio sistema de informação, como também dos sistemas de gestão do conhecimento e gestão da mudança, além, possivelmente, do tratamento de aspectos ligados à cultura organizacional.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 31000:2009, Gestão de riscos: princípios e diretrizes.

ABNT NBR ISO/IEC 31010:2012, Gestão de riscos: técnicas para o processo de avaliação de riscos.

ABRAMAN. Falta alinhamento entre gestão de ativos e estratégias empresariais. **Revista Gestão de Manutenção & Ativos: a Revista Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos**, Rio de Janeiro, ano 27, edição 152, p.14-15, 2013.

ALMEIDA, J. S. G.; NOVAIS, L. F. O desempenho das grandes empresas de capital aberto no período recente (2007-2011) e no primeiro trimestre de 2012. **Boletim de economia**, Fundap, V.16, jun. 2012.

Disponível em:

<http://novo.fundap.sp.gov.br/arquivos/pdf/BOLETIM_16_junho_2012_COMPLETO.pdf>.

Acesso em: 05 jun. 2013.

ASSAF NETO, Alexandre. **Curso de administração financeira** – São Paulo: Atlas, 2009.

BACK, Nelson. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem** – Barueri: Manole, 2008.

BARALDI, Paulo. **Gerenciamento de riscos empresariais: a gestão de oportunidades, a avaliação de riscos e a criação de controles internos nas decisões empresariais** – 2 ed. rev. e ampliada – Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

BLANK, Leland T. **Engenharia econômica**. Tradução José Carlos Barbosa dos Santos; revisão técnica Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto – São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

BOYLES, S. D.; ZHANG, Z.; WALLER, S. T. Optimal maintenance and repair policies under nonlinear preferences. **Journal of Infrastructure Systems**. V.16, n.1, 2010, p.11-20.

BRAAKSMAA, A. J. J.; KLINGENBERGA, W.; VELDMAN, J. Failure mode and effect analysis in asset maintenance: a multiple case study in the process industry. **International Journal of Production Research**. V.51, n.4, 2013, p.1055-1071.

BROWN, Mark Graham. **Winning score: how to design and implement winning scorecards** – New York: Productivity Press, 2000.

BSI PAS 55:2008, Gestão de ativos. Tradução Abraman – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

CAMPOS, M. A. L.; MÁRQUEZ, A. C. Modelling a maintenance management framework based on PAS 55 standard. **Quality and Reliability Engineering International**. V.27, 2011, p.805-820.

CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação a sistemas, organização e métodos: SO&M** – Barueri: Manole, 2010.

CHOO, Chun Wei. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões**. Tradução Eliana Rocha – 2 ed. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

CNI. **Mapa estratégico da indústria 2013-2022** – Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2013. 137 p.

DAVIS, Mark M. **Fundamentos da administração da produção**. Tradução Eduardo D'Agord Schaan – 3 ed. – Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DEVORE, Jay L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. Tradução Joaquim Pinheiro Nunes da Silva – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

DHILLON, B. S. **Reliability, quality and safety for engineers** – Boca Raton: CRC Press, 2005.

FALCONI, Vicente. **O verdadeiro poder**. – Nova Lima: INDG, 2009.

GIBSON, J. L. **Organizações: comportamento estrutura e processos**. Tradução Suely Sonoe Murai Cuccio; revisão técnica Carlos Tasso Eira DeAquino – São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

GULATI, Ramesh. **Maintenance and reliability best practices** – New York: Industrial Press, 2009.

KAHNEMAN, Daniel. **Rápido e devagar: duas formas de pensar**. Tradução Cássio de Arantes Leite. – Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

KAPLAN, Robert S. **A estratégia em ação: balanced scorecard**. Tradução de Luiz Euclydes Trindade Frazão Filho. – 16 ed. – Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KAPLAN, Robert S. **A execução premium: a obtenção de vantagem competitiva através do vínculo da estratégia com as operações do negócio**. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2008 – 5ª Reimpressão.

KAPLAN, Robert S. **Mapas estratégicos – Balanced Scorecard: convertendo ativos intangíveis em resultados tangíveis**. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2004 – 13ª Reimpressão.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade** – Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2001.

LAUDON, Kenneth C. **Sistemas de informações gerenciais**. Tradução Thelma Guimarães; revisão técnica Belmiro N. João. – 7 ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MOUBRAY, John. **Manutenção centrada em confiabilidade**. Tradução Kleber Siqueira; composto por Robert Lockhart. – 2 ed. – Lutterworth, Inglaterra: Aladon, 2000.

NARAYAN, V. **Effective maintenance management: risk and reliability strategies for optimizing performance** – New York: Industrial Press, 2004.

O'BRIEN, James A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet**. Tradução Célio Knipel Moreira e Cid Knipel Moreira. – 2 ed. – São Paulo: Saraiva, 2004.

O'CONNOR, Patrick D. T. **Practical reliability engineering** – 4th edition – Chichester, England: John Wiley & Sons, 2002.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas** – 28. ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

PASCUAL, R.; DEL CASTILHO, G.; LOUIT, D.; KNIGHTS, P. Business-oriented prioritization: a novel graphical technique. **Reliability Engineering and System Safety**. V.94, 2009, p. 1308–1313.

PATANAKUL, P. Key drivers of effectiveness in managing a group of multiple projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**. V.60, n.1, 2013, p.4-17.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** – 4. ed. – Newton Square: Project Management Institute, 2008.

PORTER, Michael. **Competição**. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. – ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

RAJEGOPAL, Shan. **Project portfolio management: leading the corporate vision** – New York: Palgrave Macmillan, 2007.

RELIASOFT. Availability and the different ways to calculate it. **Reliability HotWire**. Issue 79, sep. 2007. Disponível em: <<http://www.weibull.com/hotwire/issue79/relbasics79.htm>>. Acesso em: 20 out. 2013.

RELIASOFT. Maximum Likelihood Function. **Reliability HotWire**. Issue 33, nov. 2003. Disponível em: <<http://www.weibull.com/hotwire/issue33/relbasics33.htm>>. Acesso em: 20 out. 2013.

ROBBINS, Stephen Paul. **Administração: mudanças e perspectivas**. Tradução Cid Knipel Moreira – São Paulo: Saraiva, 2002.

ROE, S.; MBA, D. The environment, international standards, asset health management and condition monitoring: an integrated strategy. **Reliability Engineering and System Safety**. V.94, 2009, p.474-478.

ROSS, Stephen A. **Administração financeira**. Tradução Antonio Zoratto Sanvicente – 2. ed. – 7. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2007.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. Daniel Capaldo Amaral – São Paulo: Saraiva, 2006.

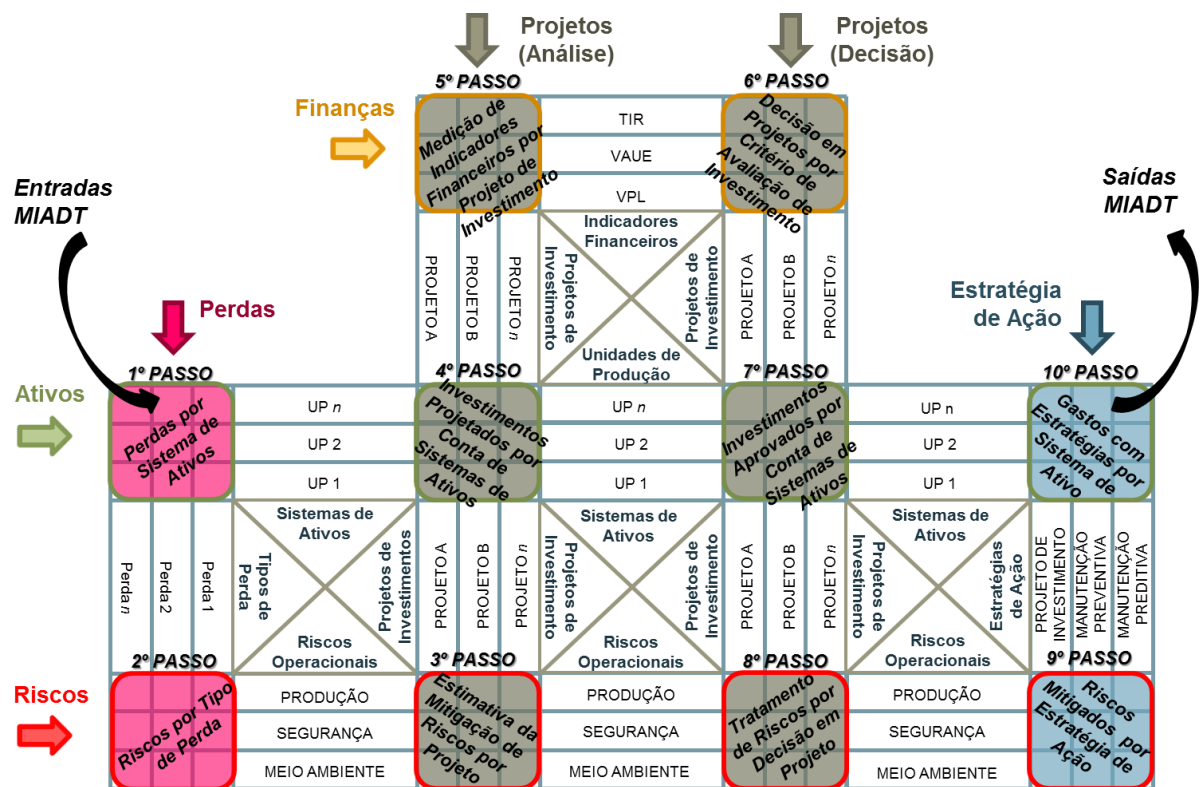
SLACK, Nigel. **Administração da produção**. Tradução Henrique Luiz Corrêa. – 3ed. – São Paulo: Atlas, 2009.

TACHIZAWA, Takeshy. **Gestão de negócios: visões e dimensões empresariais da organização** – 3ed. – São Paulo: Atlas, 2006.

TAKAHASHI, Yoshikazu. **TPM/MPT: manutenção produtiva total**. Tradução Outras Palavras. – São Paulo: Instituto IMAM, 1993.

TODINOV, M. T. **Reliability and risk models: setting reliability requirements** – Chichester, England: John Wiley & Sons, 2005.

APÊNDICE A – Matriz informacional de apoio à decisão tática



Estrutura da matriz informacional de apoio à decisão tática (MIADT).

APÊNDICE B – Mensuração de riscos operacionais: modelagem e simulação

I. Premissas e restrições consideradas na análise

Visando proporcionar uma didática clara e objetiva, o processo de modelagem e simulação levou em conta algumas premissas, simplificando o volume de cálculos matemáticos sem prejuízo aos objetivos acadêmicos propostos, na exemplificação da mensuração de risco em questão. Há também algumas restrições de ordem técnica. As premissas e restrições estão relacionadas a seguir:

- O Projeto 1 e o Projeto 3 não foram tratados na modelagem e simulação, em razão da característica dos dados coletados (disponibilizados) referentes a esses dois projetos não serem suficientes à sustentação conceitual da LDA. Foi considerado apenas o Projeto 2, referente ao sistema de lavagem da tela filtrante, com seus respectivos dados coletados e analisados referindo-se aos ativos (denominados itens ou componentes) que compõem o sistema da tela filtrante, pois estão atrelados ao nível de eficiência do sistema de lavagem da tela, de forma direta ou indireta;
- Todos os rolos apresentam a mesma função operacional requerida, sob as mesmas condições;
- Todos os mancais apresentam a mesma função operacional requerida, sob as mesmas condições;
- Todos os sensores apresentam a mesma função operacional requerida, sob as mesmas condições;
- Em todas as intervenções corretivas os itens foram substituídos, configurando a restauração total do item;
- As ações de reparação ou substituição dos itens, sem a ocorrência de falha funcional, só ocorreram em evento de parada técnica anual de manutenção;
- Não serão adotados limites de confiança nas análises.

II. Diagrama RBD ⁵⁵

A mensuração de riscos operacionais requer uma adequada estruturação lógica do sistema, sob características de confiabilidade, o que nesse caso é tratada pela técnica RBD. Esta técnica consiste em uma representação gráfica dos componentes de um sistema, organizados conforme a lógica de conexão entre eles, podendo ser em série (o sistema falha se apenas um componente falhar) ou em paralelo (o sistema falha se todos os componentes conectados em paralelo estiverem, simultaneamente, em estado de falha).

No sistema em questão, o sistema da tela filtrante do filtro esteira da unidade de produção de ácido fosfórico, considerando as premissas e restrições já citadas, foram adotados quatro tipos de componentes em sua composição, sendo cada um deles representado por um bloco, conforme o diagrama RBD a seguir:

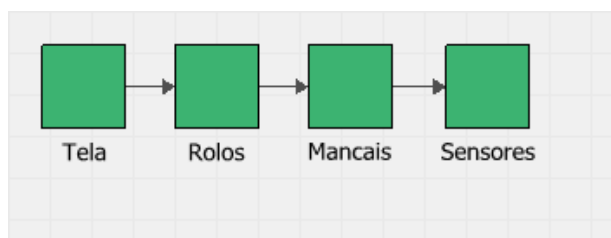


Diagrama RBD do sistema da tela filtrante.

Estando o sistema definido, a próxima etapa é a tabulação dos dados de desempenho operacional dos componentes representados em cada bloco do diagrama RBD. A coleta de dados considerou as informações de eventos de parada operacional da unidade de produção de ácido fosfórico, decorrentes de falhas funcionais dos componentes do sistema da tela filtrante, e representados no diagrama RBD: tela, rolos, mancais e sensores.

⁵⁵ RBD é a sigla de *Reliability Diagram Blocks*, termo em inglês para Diagrama de Blocos de Confiabilidade.

III. Coleta de dados

O processo de coleta e tratamento de dados identificou dados completos e dados em suspensão. Segue a tabulação dos dados para a análise LDA, no software Weibull++[®]:

Tela		
Condição F ou S	Tempo até F ou S (h)	Subconjunto ID
F	7,58	-
F	12,55	-
F	162,63	-
F	166,27	-
F	205,67	-
F	211,55	-
F	384,34	-
F	531,22	-
F	674,20	-
F	792,30	-
F	940,41	-
S	1277,64	-
F	1339,18	-
F	1369,86	-
F	1885,31	-
F	2017,21	-
F	2300,13	-

Rolos		
Condição F ou S	Tempo até F ou S (h)	Subconjunto ID
F	452,69	R23
S	678,90	R24
S	971,87	R11
S	2218,32	R26
F	3074,66	R26
F	6337,48	R11
F	6968,71	R11
F	8985,08	R26
F	13599,17	R24
S	13825,38	R23
S	14278,07	R02
S	14278,07	R12
S	14278,07	R13
S	14278,07	R14
S	14278,07	R15
S	14278,07	R16
S	14278,07	R17
S	14278,07	R18
S	14278,07	R19
S	14278,07	R20
S	14278,07	R21
S	14278,07	R22
S	14278,07	R25
S	14278,07	R27

Mancais		
Condição F ou S	Tempo até F ou S (h)	Subconjunto ID
F	247,46	M23
S	368,30	M24
F	911,70	M24
F	957,44	M21
F	1076,05	M21
S	1465,89	M21
F	1747,58	M20
F	1808,42	M24
S	2523,79	M13
S	2627,97	M26
F	2994,71	M22
F	3241,17	M20
F	3561,45	M26
F	3714,00	M21
F	3936,54	M18
F	7064,69	M21
F	8088,64	M26
S	9289,32	M20
S	10341,52	M18
F	11189,65	M24
S	11283,35	M22
F	11754,28	M13
S	14030,61	M23
S	14278,07	M02
S	14278,07	M11
S	14278,07	M12
S	14278,07	M14
S	14278,07	M15
S	14278,07	M16
S	14278,07	M17
S	14278,07	M19
S	14278,07	M25
S	14278,07	M27

Sensores		
Condição F ou S	Tempo até F ou S (h)	Subconjunto ID
F	952,46	-
F	1450,15	-
F	3293,12	-
S	8582,33	-

IV. Modelagem: resumo da análise de confiabilidade

A análise LDA gerou os resultados apresentados nos relatórios específicos de cada componente, com a apresentação do modelo de distribuição que melhor representa o comportamento dos dados de vida de cada componente, além do cálculo de seus respectivos parâmetros, entre outras informações relacionadas a critérios de ordem técnica à análise, como por exemplo, o método para estimativa de parâmetros utilizado, o método MLE:

Modelagem TELA	
Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	Resultados Weibull++
Informações do Usuário	
Usuário	Rodrigo Ataulo
Empresa	Souza e Silva Consultoria
Data	01/11/2013
Parâmetros	
Distribuição:	Weibull-2P
Análises:	MLE
Método do IC:	LRB
Rankeando:	MED
Beta	0,883225
Eta (h)	857,108244
Valor da LK	-124,521065
F \ S	16 \ 1
Fim do Relatório de Resultados Simplificado	

Resultados da LDA do componente Tela.

Modelagem MANCAIS	
Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	Resultados Weibull++
Informações do Usuário	
Usuário	Rodrigo Ataulo
Empresa	Souza e Silva Consultoria
Data	01/11/2013
Parâmetros	
Distribuição:	Lognormal-2P
Análises:	MLE
Método do IC:	LRB
Rankeando:	MED
Log-Média (h)	9,410892
Log-Desvio Padrão	1,806407
Valor da LK	-159,650795
F \ S	15 \ 18
Fim do Relatório de Resultados Simplificado	

Resultados da LDA do componente Mancais.

Modelagem ROLOS	
Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	Resultados Weibull++
Informações do Usuário	
Usuário	Rodrigo Ataulo
Empresa	Souza e Silva Consultoria
Data	01/11/2013
Parâmetros	
Distribuição:	Weibull-2P
Análises:	MLE
Método do IC:	LRB
Rankeando:	MED
Beta	0,956462
Eta (h)	45281,89784
Valor da LK	-69,98356
F \ S	6 \ 18
Fim do Relatório de Resultados Simplificado	

Resultados da LDA do componente Rolos.

Modelagem SENSORES	
Relatório de Resultados Simplificado	
Tipo de Relatório	Resultados Weibull++
Informações do Usuário	
Usuário	Rodrigo Ataulo
Empresa	Souza e Silva Consultoria
Data	01/11/2013
Parâmetros	
Distribuição:	Weibull-3P
Análises:	MLE
Método do IC:	LRB
Rankeando:	MED
Beta	0,50745
Eta (h)	3131,011903
Gama (h)	893,93125
Valor da LK	-26,240026
F \ S	3 \ 1
Fim do Relatório de Resultados Simplificado	

Resultados da LDA do componente Sensores.

V. Modelagem: gráficos de confiabilidade

Os gráficos de *Confiabilidade vs. Tempo* gerados pela análise LDA:

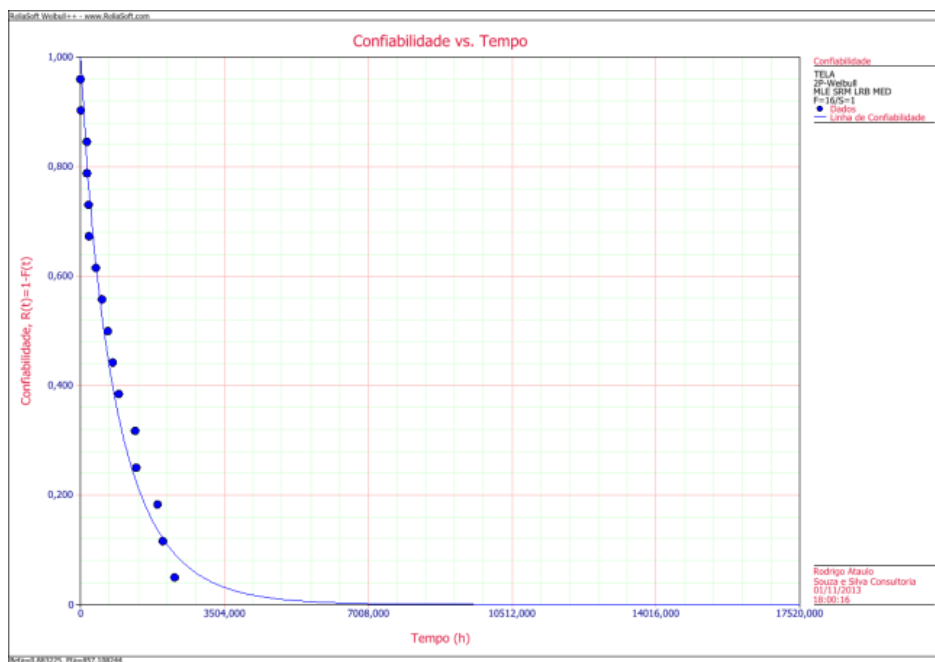


Gráfico de confiabilidade do componente Tela.



Gráfico de confiabilidade do componente Rolos.

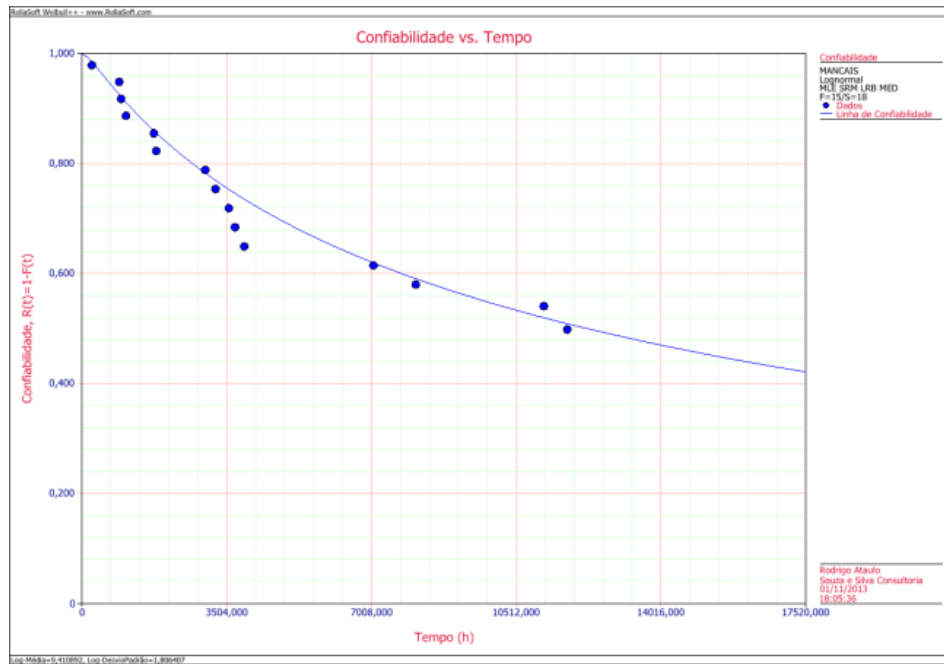


Gráfico de confiabilidade do componente Mancais.

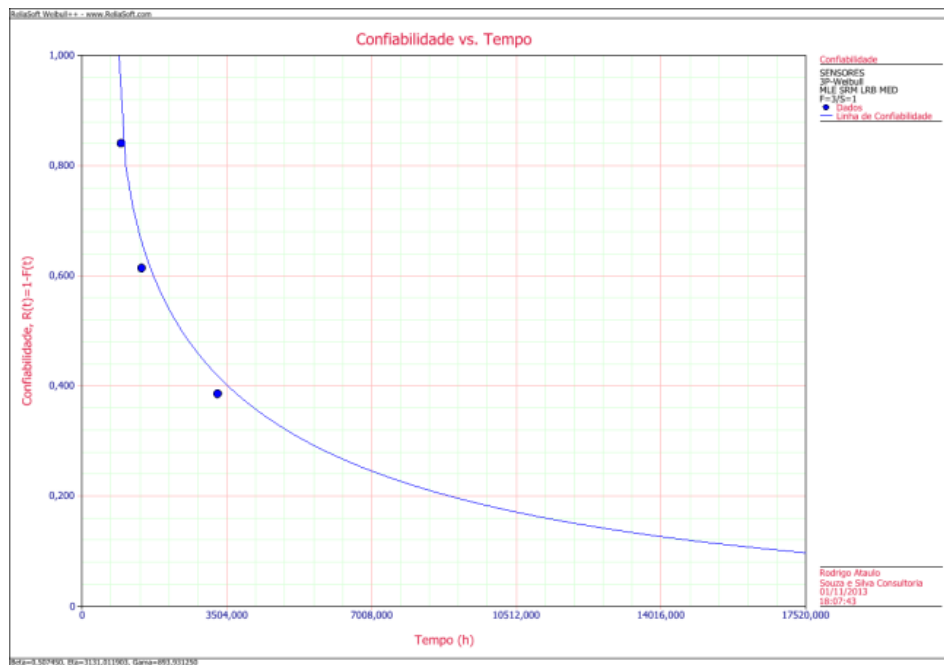


Gráfico de confiabilidade do componente Sensores.

VI. Modelagem: parâmetros da análise de manutenibilidade

Os parâmetros calculados de média e desvio padrão para o modelo de distribuição normal da função manutenibilidade, $M(t)$, já no software BlockSim[®]:

Modelo

Principal Identificadores

Nome do Modelo: Tela_M(t) Categoria de Modelo: Duração

Tipo de Modelo: ☐ Constante ☒ Distribuição ☐ Variável

Normal

Média: 2,95

DesvioP: 2,59

Unidade: Hora (h)

Usado pelo item 1

OK Cancelar

Editando propriedades do modelo

Parâmetros $M(t)$ do componente Tela.

Modelo

Principal Identificadores

Nome do Modelo: Mancais_M(t) Categoria de Modelo: Duração

Tipo de Modelo: ☐ Constante ☒ Distribuição ☐ Variável

Normal

Média: 1,69

DesvioP: 1,17

Unidade: Hora (h)

Usado pelo item 1

OK Cancelar

Editando propriedades do modelo

Parâmetros $M(t)$ do componente Mancais.

Modelo

Principal Identificadores

Nome do Modelo: Rolos_M(t) Categoria de Modelo: Duração

Tipo de Modelo: ☐ Constante ☒ Distribuição ☐ Variável

Normal

Média: 3,34

DesvioP: 2,1

Unidade: Hora (h)

Usado pelo item 1

OK Cancelar

Editando propriedades do modelo

Parâmetros $M(t)$ do componente Rolos.

Modelo

Principal Identificadores

Nome do Modelo: Sensores_M(t) Categoria de Modelo: Duração

Tipo de Modelo: ☐ Constante ☒ Distribuição ☐ Variável

Normal

Média: 1,43

DesvioP: 0,14

Unidade: Hora (h)

Usado pelo item 1

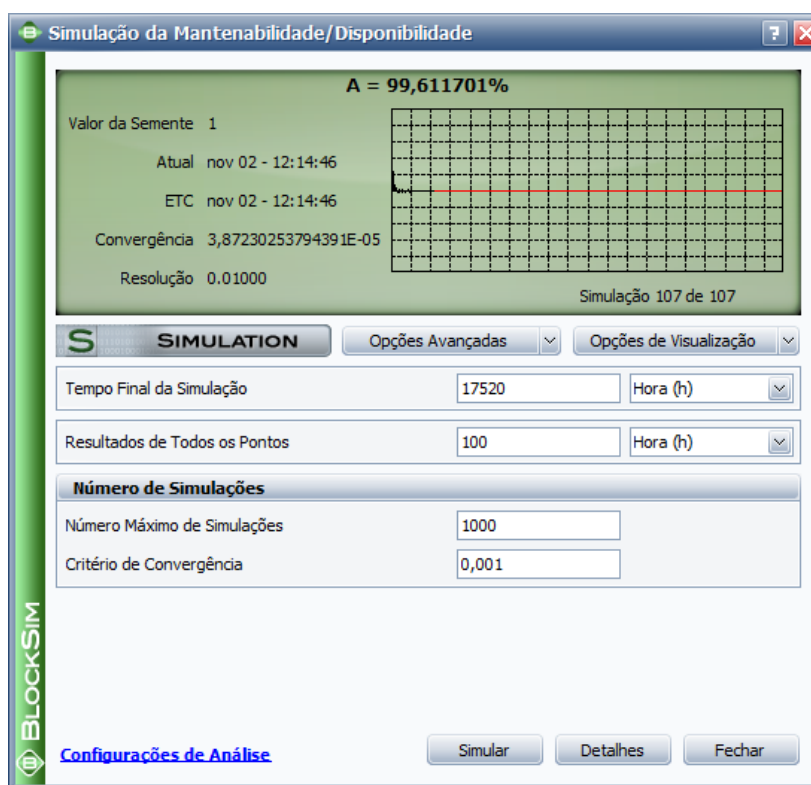
OK Cancelar

Editando propriedades do modelo

Parâmetros $M(t)$ do componente Sensores.

VII. Simulação: disponibilidade média do sistema da tela filtrante

O tempo final da simulação foi de 17.520 horas, o que corresponde a um período de dois anos, horizonte possível para campanha operacional de plantas industriais de ácido fosfórico. A simulação determinou uma disponibilidade média de 99,61%, isto é, conforme projeção para o horizonte de dois anos, o sistema da tela filtrante estará disponível à operação aproximadamente 17.450 horas.



Simulação da disponibilidade média do sistema.

VIII. Simulação: gráficos de disponibilidade

Os gráficos de *Disponibilidade Média vs. Tempo* e de *Sistema Disponível/Indisponível vs. Tempo* gerados pela simulação na análise SRA:

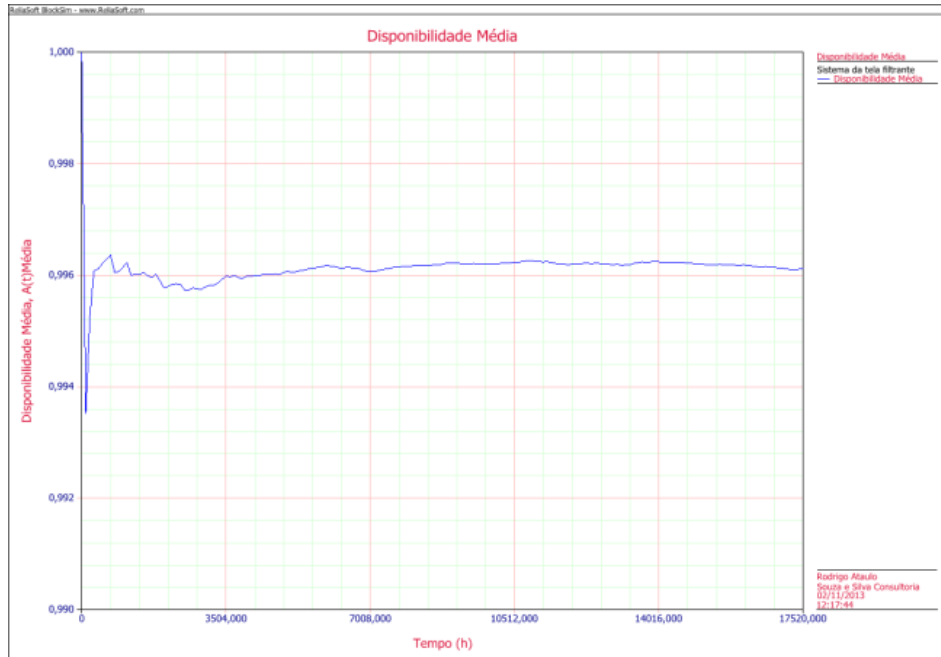
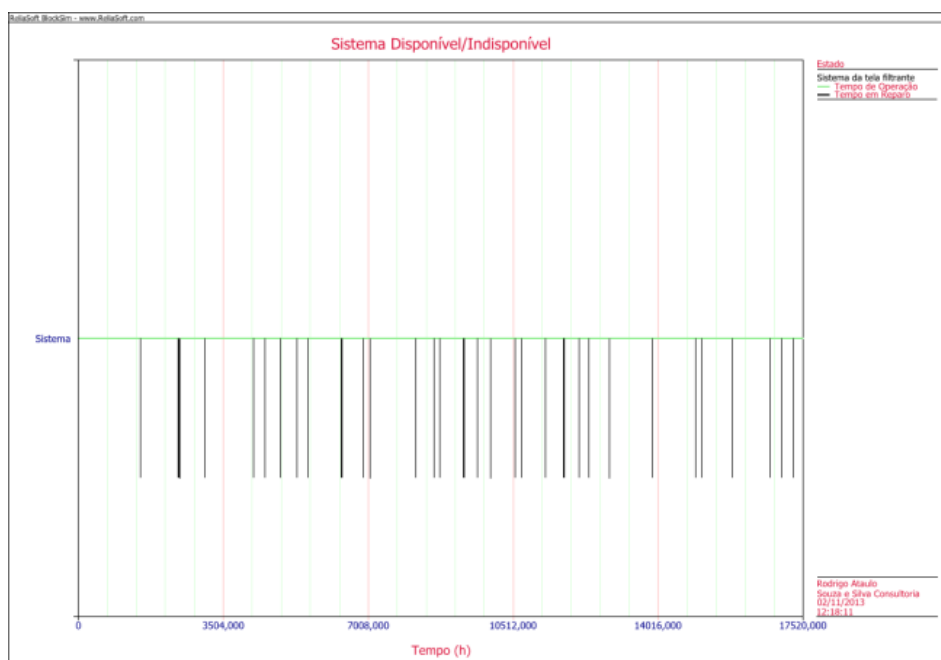


Gráfico da disponibilidade média do sistema da tela filtrante.



Representação gráfica da indisponibilidade do sistema da tela filtrante.

IX. Relatório geral da análise do sistema

Relatório geral da simulação na análise SRA, com destaque para a informação do *Tempo Indisponível da MC (h)*, campo correspondente ao tempo de indisponibilidade média do sistema, por manutenção corretiva, para uma campanha de 17.520 horas. A mensuração de riscos operacionais, exemplificada neste estudo de caso, refere-se à indisponibilidade média do sistema de, aproximadamente, 68 horas, ou seja, esta projeção para uma campanha de dois anos indica que a unidade de produção de ácido fosfórico sofrerá interrupções em seu processo produtivo, decorrentes apenas de falhas funcionais de ativos do sistema da tela filtrante, correspondendo a 68 horas de perdas de produção de ácido fosfórico por lucro cessante e impactos operacionais na cadeia produtiva do MAP.

Sumário da Simulação	
Diagrama:	Sistema da tela filtrante
Tempo Inicial da Simulação:	11/02/2013 12:14
Duração da Simulação:	0 segundos
Tempo Final:	17520
Opções de Execução:	Simulações Padrão
Número de Simulações:	107
Valor da Semente:	1
Número de Processamentos:	8

Visão Geral do Sistema	
Geral	
Disponibilidade Média (Todos Eventos):	0,996117
Desvio Padrão (Disponibilidade Média):	0,000815
Disponibilidade Média (sem MP, OC e Inspeção):	0,996117
Disponibilidade Pontual (Todos Eventos) em 17520:	1
Confiabilidade(17520):	0
Quantidade Esperada de Falhas:	24,401869
Desvio Padrão (Quantidade de Falhas):	4,764591
TMAPF (h):	146892,433
MTBF (Tempo Total) (h):	717,977786
MTBF (Tempo de Funcionamento) (h):	715,189887
MTBE (Tempo Total) (h):	799,079284
MTBE (Tempo de Funcionamento) (h):	795,976468
Tempo Disponível/Indisponível do Sistema	
Tempo Disponível (h):	17451,97004
Tempo Indisponível da MC (h):	68,029956
Tempo Indisponível da Inspeção (h):	0
Tempo Indisponível MP (h):	0
Tempo Indisponível da OC (h):	0
Tempo Indisponível Total (h):	68,029956
Eventos com Parada do Sistema	
Número de Falhas:	21,925234
Quantidade de MCs:	21,925234
Quantidade de Inspeções:	0
Quantidade de MPs:	0
Quantidade de OCs:	0
Quantidade de Eventos OFF por Gatilho:	0
Total de Eventos:	21,925234
Custos	
Custo Total:	R\$ 0,00
Custos de Oportunidade:	R\$ 0,00
Produção	
Produção Total:	N/D
Máx. Capacidade:	N/D
Utilização Real:	N/D
Receita	
Receita Total:	R\$ 0,00

Indisponibilidade média do sistema.

Relatório geral da simulação realizada na análise SRA.