



UNIFACS

UNIVERSIDADE SALVADOR

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES*

MESTRADO EM ENERGIA

CARLOS ALVAREZ SILVA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO
DIRETOR DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (PDAI) VISANDO O AUMENTO DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PLANTAS PETROQUÍMICAS**

Salvador
2020

CARLOS ALVAREZ SILVA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO
DIRETOR DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (PDAI) VISANDO O AUMENTO DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PLANTAS PETROQUÍMICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade Salvador – UNIFACS, curso Mestrado em Energia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof^ª. Dra. Leila Maria Aguilera Campos.

Salvador
2020

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS Universidade Salvador,
Laureate International Universities.

Silva, Carlos Alvarez

Proposta de metodologia para elaboração de um Plano Diretor de Automação Industrial (PDAI) visando o aumento da eficiência energética em plantas petroquímicas. / Carlos Alvarez Silva. – Salvador, 2020.

106 f.: il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Energia – Mestrado em Energia da Universidade Salvador, Laureate International Universities, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Leila Maria Aguilera Campos.

1. Energia elétrica. 2. Eficiência energética. I. Aguilera Campos, Leila Maria, orient. II. Título.

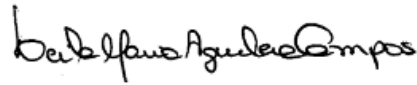
CDD:621.3

CARLOS ALVAREZ SILVA

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DIRETOR DE
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (PDAI) VISANDO O AUMENTO DA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA EM PLANTAS PETROQUÍMICAS

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGE) – Mestrado em Energia da Universidade Salvador - UNIFACS, Laureate International Universities, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre e aprovada pela seguinte banca examinadora.

Leila Maria Aguilera Campos – Orientadora
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities



Victor Menezes Vieira _____
Doutor em Geologia Ambiental, Recursos Hídricos e Hidrogeologia pela Universidade Federal da Bahia - UFBA
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Michel de Meireles Brioude _____
Doutor em Ciências Naturais pela Universität Freiburg, UNI FREIBURG, Alemanha
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Senhor Jesus Cristo pela proteção, apoio, incentivo, bênçãos e graças em todos os momentos de minha vida, que nunca permitiu que eu desistisse, pois mesmo em momentos difíceis, me fortaleceu através da fé, para que os nossos projetos de vida se concretizassem.

Obrigado Senhor!

RESUMO

A indústria petroquímica é um seguimento que consome grande quantidade de energia em seus processos produtivos. A maior parte desta energia é originária de produtos derivados do petróleo ou gás natural, prioritariamente, e não sofrem combustão, mas são consumidos na forma de matérias primas e uma outra parte desta energia é consumida sob a forma de combustível. Desta forma, a indústria petroquímica tem grande significância no contexto da segurança energética global e, considerando o cenário atual de economia globalizada, é fundamental o trabalho de busca por maior eficiência energética nas fábricas petroquímicas, como um diferencial para ganho de produtividade. Assim, neste contexto, o uso da tecnologia da automação industrial, é fundamental devido aos seus recursos que, uma vez bem aplicados, podem otimizar os processos produtivos e utilidades, gerando maiores ganhos de eficiência. Com esta visão, o presente trabalho apresenta uma proposta de metodologia para elaboração de um Plano Diretor de Automação Industrial (PDAI), com a finalidade de auxiliar os gestores de fábricas petroquímicas a escolher e direcionar os seus investimentos em tecnologia da automação, voltados a ganhos de eficiência energética, através de um processo constituído por quinze etapas de trabalho, contemplando desde a formação da equipe, o planejamento das atividades, o alinhamento com o planejamento estratégico da empresa, a avaliação dos processos e sistemas de automação existentes na planta, o diagnóstico do nível de excelência em automação da planta em avaliação, bem como, a elaboração de um plano de ação, avaliação de custos e benefícios, consolidação, priorização e apresentação das propostas de investimentos para se alcançar os objetivos almejados.

Palavras-chave: Plano diretor de automação. Eficiência energética. PDAI. Indústria 4.0. Petroquímica.

ABSTRACT

The petrochemical industry is a segment that consumes a large amount of energy in its production processes. Most of this energy originates from products derived from oil or natural gas, as a priority, and do not suffer combustion, but are consumed in the form of raw materials and another part of this energy is consumed in the form of fuel. In this way, the petrochemical industry has great significance in the context of global energy security and, considering the current scenario of globalized economy, the work of seeking greater energy efficiency in petrochemical plants is essential, as a differential for productivity gain. Thus, in this context, the use of industrial automation technology is essential due to its resources that, once properly applied, can optimize the productive processes and utilities, generating greater efficiency gains. With this vision in mind, this work presents a proposal for a methodology for the elaboration of an Industrial Automation Master Plan (PDAI), with the purpose of helping petrochemical plant managers to choose and direct their investments in automation technology, aimed at gains of energy efficiency, through a process consisting of fifteen stages of work, contemplating from the formation of the team, the planning of the activities, the alignment with the strategic planning of the company, the evaluation of the processes and automation systems existing in the plant, the diagnosis the level of excellence in plant automation under evaluation, as well as the elaboration of an action plan, evaluation of costs and benefits, consolidation, prioritization and presentation of investment proposals to achieve the desired objectives.

Keywords: Automation master plan. Energy efficiency. IAMP. Industry 4.0. Petrochemical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de blocos com a sequência do trabalho.....	18
Figura 2 - Cadeia de produção da indústria petroquímica.....	19
Figura 3 - Esquemático das fases do planejamento estratégico.....	22
Figura 4 - Influência da automação na eficiência operacional de uma planta petroquímica....	24
Figura 5 - As quatro revoluções industriais.....	27
Figura 6 - Integração baseada em IoT	30
Figura 7 - Modelo de convergência de TI e TA	32
Figura 8 - Pirâmide de automação e sistemas de TI correspondentes	33
Figura 9 - Processos da automação industrial	34
Figura 10 – Arquitetura de automação identificando os níveis da pirâmide	35
Figura 11 - Estrutura geral dos dispositivos de campo.....	37
Figura 12 - Exemplo de sensores de temperatura.....	38
Figura 13 - Exemplo de dispositivo atuador.....	38
Figura 14 - Arquitetura funcional do CLP	40
Figura 15 - Aspecto físico de um modelo de CLP	41
Figura 16 - Interface Homem Máquina (IHM) de campo	42
Figura 17 - Arquitetura do sistema SCADA	43
Figura 18 - Posto de operação do sistema SCADA em uma sala de controle.....	44
Figura 19 - Tela de operação do sistema supervisão	45
Figura 20 - Arquitetura de um SDCD	46
Figura 21 - Modelo de sistema de controle básico	49
Figura 22 - Modelo simplificado de uma arquitetura de otimização.....	51
Figura 23 - Gráfico de desempenho das estratégias de controle	51
Figura 24 - Exemplo de CLP de segurança para aplicação em SIS	53
Figura 25 - Fluxograma das fases do PDAI	56
Figura 26 - Estrutura completa da metodologia do PDAI.....	57
Figura 27 - Exemplo de arquitetura de automação e uma planta	61
Figura 28 - Exemplo do questionário de avaliação do nível de excelência da automação.....	63
Figura 29 - Mapa de obsolescência dos ativos de automação	66

Figura 30 - Perfil de excelência da automação da planta	67
Figura 31 – Planilha de estimativa de ganhos e investimentos para as ações propostas	69
Figura 32 - Planilha de avaliação pelos fatores de influência	70
Figura 33 - Plano de atualização tecnológica dos equipamentos e sistemas de automação	72
Figura 34 - Perfil de excelência da automação da planta atualizado	74
Figura 35 - Quadro das abordagens a serem adotadas em função do status do investimento ..	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores da fábrica inteligente na indústria petroquímica.....	29
Tabela 2 - Definição do estágio do ciclo de vida dos ativos	65
Tabela 3 - Critérios de avaliação dos fatores de influência.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACE	<i>Association for the Advancement of Cost Engineering</i>
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
APC	<i>Advanced Process Control</i>
ARC	<i>Advanced Regulatory Control</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CPD	Centro de Processamento de Dados
CPU	<i>Central Process Unit</i>
DP	<i>Decentralized Peripherals</i>
EA	Entrada Analógica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FF	<i>Foundation Fieldbus</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IAMP	<i>Industrial Automation Master Plan</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IHM	Interface Homem Máquina
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISA	<i>International Society of Automation</i>
MD	Memorial Descritivo
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
N.E.A	Nível de Excelência Atual
N.E.F	Nível de Excelência Futuro
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OT	<i>Operational Technology</i>
PBR	<i>Pyridine-Butadiene Rubbers</i>
PDAI	Plano Diretor de Automação Industrial
PET	<i>Poly Ethylene Terephthalate</i>
PID	Proporcional, Integral e Derivativo
PIMS	<i>Process Information Management System</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PS	<i>Polystyrene</i>
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
RTO	<i>Real Time Optimization</i>
SA	Saída Analógica
SBR	<i>Styrene-butadiene rubber</i>
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>

SD	Saída Digital
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
SIS	Sistema Instrumentado de Segurança
SSMA	Saúde, Segurança e Meio Ambiente
TA	Tecnologia da Automação
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>
TI	Tecnologia da Informação
TO	Tecnologia Operacional
UTR	Unidade Terminal Remota
WAN	<i>Wide Area Network</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	GERAL	15
2.2	ESPECÍFICOS	15
3	METODOLOGIA	16
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1	A INDÚSTRIA PETROQUÍMICA	19
4.2	O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	21
4.3	A TECNOLOGIA DA AUTOMAÇÃO	23
4.3.1	A automação industrial e a eficiência energética	25
4.3.2	A automação industrial e a transformação digital	27
4.3.3	A automação industrial e a tecnologia da informação	31
4.3.4	Alguns campos de atuação da automação industrial	33
4.3.5	Dispositivos de campo	37
4.3.6	Sistemas de monitoramento e controle	39
4.3.7	Controle regulatório, controle avançado e otimização	48
4.3.8	Sistemas de alarme e segurança	52
4.4	PLANO DIRETOR DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL - PDAI	54
5	A METODOLOGIA PADRONIZADA PARA ELABORAÇÃO DO PDAI	56
5.1	FASE 1 – INICIALIZAÇÃO	58
5.1.1	Preparação	58
5.1.2	Alinhamento estratégico	58
5.1.3	Planejamento	59
5.1.4	Contratação	59
5.2	FASE 2 – DIAGNÓSTICO	59
5.2.1	Análise e avaliação da documentação de automação da planta	60

5.2.2 Avaliação e diagnóstico dos processos e tecnologias dos sistemas existentes	61
5.2.3 Levantamento do ciclo de vida dos ativos de automação.....	64
5.3 FASE 3: PLANO DE AÇÃO	66
5.3.1 Determinação do perfil de excelência da automação da planta	66
5.3.2 Proposição das ações a serem implantadas.....	67
5.3.3 Estimativa de ganhos potenciais e custo dos investimentos.....	68
5.3.4 Priorização das ações propostas.....	70
5.4 FASE 4 – ENCERRAMENTO	73
5.4.1 Consolidação da documentação do PDAI	73
5.4.2 Elaboração do plano de investimentos	74
5.4.3 Apresentação do PDAI.....	75
5.5 FASE 5 – CONTROLE	75
5.5.1 Estratégia de monitoramento e controle	75
6 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICE A – MODELO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	83

1 INTRODUÇÃO

A indústria petroquímica, em termos de economia mundial, consome em seus processos de fabricação, aproximadamente 13 milhões de barris de petróleo por dia, o que equivale a 14% da demanda primária e 300 bilhões de metros cúbicos de gás natural, equivalendo a 8% da demanda primária. O segmento petroquímico responde por 10% do consumo total da energia final e aproximadamente 30% do consumo total do segmento industrial. Assim, o futuro da segurança energética global passa pela eficiência da indústria petroquímica, no entanto, apesar destas características marcantes no cenário energético, este segmento ainda é subestimado em termos de sistema energético. O motivo talvez seja pelo fato de aproximadamente metade da energia que entra nos processos petroquímicos, ocorra na forma de matérias primas e não como material para combustão. Desta forma, é importante compreender o conceito do uso de energia como matéria prima e não como combustível, e isto se constitui um ponto cego do sistema energético mundial (IEA, 2018).

De um modo geral, quando se trabalha a eficiência energética nas indústrias, os esforços se concentram na eficiência de equipamentos de forma isolada (motores, fornos etc.). Embora este enfoque seja importante, mais significativo e valioso, em termos de eficiência energética, é considerar o conjunto de equipamentos trabalhando de forma interdependente, ou seja, os sistemas de produção. É importante enfatizar que a eficiência energética dos processos, a confiabilidade das plantas e os impactos ao meio ambiente andam de mãos dadas. Desta forma, implantar processos e tecnologias automatizadas, é fundamental no esforço para obtenção do máximo retorno possível destes aspectos considerados (ERICSON, 2020b).

A aplicação da tecnologia da automação é uma atividade que requer seleção adequada de seus recursos, para que se possa obter os resultados almejados. Com isto, para avaliar e escolher entre as várias possibilidades de aplicação, deve-se considerar os diversos critérios monetários e não monetários, para se poder tomar a decisão mais assertiva ao selecionar uma determinada opção e não somente comparar quantidade e custo. Neste contexto, se faz necessário se ter uma ferramenta que possa, de forma estruturada, propiciar esta avaliação (NEB e REMLING, 2019). É com esta visão, que o Plano Diretor de Automação Industrial (PDAI) vem preencher a lacuna existente de uma metodologia para se avaliar, com critérios bem definidos, a aplicação de soluções técnicas no âmbito da tecnologia da automação.

O PDAI é uma ferramenta de avaliação, diagnóstico e proposição de investimentos, voltados à tecnologia da automação, direcionando para um planejamento mais adequado às necessidades dos processos, a fim de maximizar os resultados esperados. Esta ferramenta atua

à nível tático e visa auxiliar os líderes de negócios na tomada de decisão sobre quando, onde e como investir para se obter a maior eficiência dos processos produtivos.

A proposta deste trabalho é apresentar um modelo estruturado e padronizado de metodologia para elaboração do Plano Diretor de Automação Industrial, com foco na obtenção de ganhos de eficiência energética em plantas petroquímicas, que por pertencerem a um segmento industrial de elevado consumo de energia, as possibilidades de ganhos são significativas. Esta padronização é importante e necessária, tendo em vista que o PDAI é aplicado, frequentemente, de forma não padronizada, sem uma metodologia estruturada e sem um modelo a seguir, ficando, muitas vezes, na dependência da experiência dos profissionais que o elaboram. Na metodologia proposta, será apresentada a sequência de atividades a serem desenvolvidas, com os critérios de avaliação claramente definidos, os resultados a serem obtidos, o método de avaliação dos resultados, a proposição das alternativas de investimento, a avaliação destas alternativas e o planejamento para implantação das mesmas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Propor um modelo estruturado e padronizado de metodologia para o desenvolvimento de um Plano Diretor de Automação Industrial (PDAI), tomando como base a indústria petroquímica, visando a implementação de projetos de automação que resultem em ganhos de eficiência energética das unidades de produção.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar a situação atual da indústria petroquímica no mundo globalizado e seus desafios relacionados a eficiência energética;
- Fazer um levantamento das possibilidades de utilização dos recursos de tecnologia da automação para atendimento aos ganhos de eficiência da indústria petroquímica;
- Caracterizar e apresentar uma proposta de metodologia para elaboração do PDAI em plantas industriais petroquímicas.

3 METODOLOGIA

A motivação para o desenvolvimento do trabalho aqui apresentado, tem por fundamentação a observação de três fatores fundamentais:

- a) O alto potencial de ganhos de eficiência energética nas indústrias petroquímicas, bem como os grandes desafios que este seguimento industrial enfrenta com fortes pressões para melhoria de eficiência de seus processos, a fim de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e redução dos impactos ambientais, com consequente redução de seus custos de produção, a fim de enfrentar as rigorosas regras de um mercado globalizado.
- b) O grande potencial presente nos recursos da Tecnologia de Automação para contribuir para obtenção de ganhos de eficiência nos mais diversos processos em plantas industriais petroquímicas e o porquê desses recursos não serem bem aproveitados.
- c) A escassez de publicações com informações detalhadas sobre uma metodologia consistente para elaboração de um Plano Diretor de Automação Industrial – PDAI, que possibilitasse orientar os gestores industriais no processo de identificação de suas reais e principais necessidades, bem como direcionar para a seleção das melhores e mais adequadas soluções para às demandas de suas plantas.

Diante destes três vetores, foi estruturado o projeto de pesquisa para se desenvolver e propor uma metodologia estruturada e padronizada para elaboração de um PDAI, com a finalidade de ganhos de eficiência energética em plantas petroquímicas. Assim, de acordo com Gil (2019), a presente pesquisa ficou estruturada e caracterizado como segue. Tipo: pesquisa descritiva; métodos: pesquisa bibliográfica e pesquisa documental; técnicas de coletas de dados: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e observação; técnica de análise de dados: qualitativa.

A pesquisa bibliográfica teve como prioridade entender e avaliar a situação atual e futura da indústria petroquímica no mundo globalizado e seus desafios relacionados a eficiência energética. Para este fim, foram realizadas exaustivas pesquisas em periódicos científicos nacionais e internacionais; publicações de entidades governamentais e não governamentais, do Brasil e exterior, relacionadas a indústria e mercado de energia; e publicações das próprias indústrias do segmento químico, petroquímico e de petróleo.

Após delinear o perfil energético, atual e futuro, da petroquímica no Brasil e no mundo, e entender os seus desafios frente a eficiência energética, o passo seguinte foi realizar pesquisas bibliográficas referente aos diversos recursos da Tecnologia da Automação, e entender o grau de contribuição que cada um destes recursos poderia contribuir para o ganho de eficiência energética no contexto da indústria petroquímica. Esta pesquisa bibliográfica basicamente se lastreou em artigos científicos de jornais e revistas, anais de seminários e congressos, revistas técnicas, grande variedade de livros de engenharia de automação, publicações e visitas a *sites*, na internet, de fabricantes de soluções de instrumentação e automação industrial.

Com o entendimento claro do potencial dos recursos da Tecnologia de Automação para atender às necessidades da petroquímica, frente às demandas de melhoria de eficiência energética de seus processos, se iniciou a busca por uma metodologia estruturada e padronizada para se diagnosticar as principais demandas das plantas petroquímicas e permitir uma adequada orientação, no sentido de definir quais os principais recursos a serem implantados, a fim de suprir as necessidades demandadas pelos diversos processos produtivos e de utilidades.

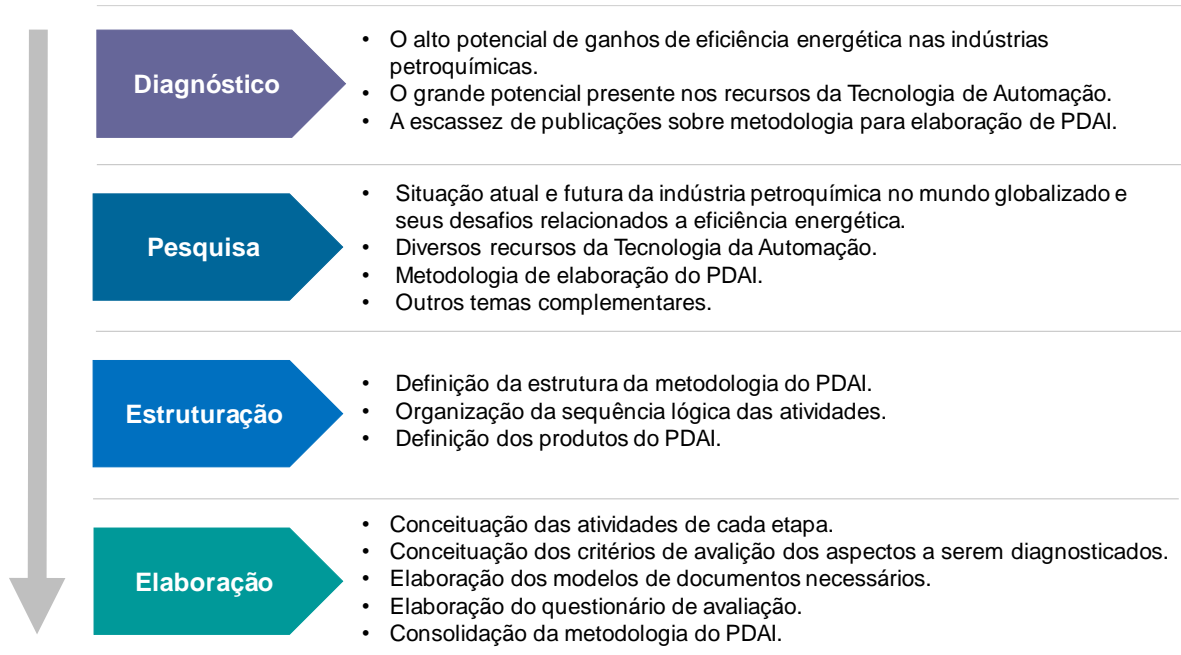
Nesta busca por esta metodologia, observou-se uma escassez muito grande de publicações técnicas e científicas que apresentasse uma metodologia para elaboração de um plano diretor de automação industrial (PDAI). Na literatura científica não se verificou nenhum trabalho que explorasse o tema de forma estruturada e padronizada, e na literatura técnica a abordagem era de forma genérica e superficial, não abordando os detalhes que permitisse a sua aplicação integral em uma planta indústria de processamento.

Diante do exposto, buscou-se desenvolver e propor uma metodologia estruturada, que pudesse ser padronizada para aplicação nas plantas industriais, com foco em eficiência de processo, que aplicado às plantas das indústrias petroquímicas, com foco em obtenção de ganhos de eficiência energética, fosse possível se atingir o objetivo. Para tanto, foram utilizadas as informações obtidas das pesquisas bibliográficas, estudos realizados com planos diretores de automação industrial desenvolvidos por terceiros e pelo próprio autor, entrevistas com especialistas da área de automação, experiência profissional de mais de trinta anos do autor na área de automação, além da avaliação de outros planos diretores para outros seguimentos e finalidades.

Durante o processo de estruturação da metodologia foram definidas as suas fases e, dentro de cada fase, as suas etapas. Assim, foram definidas as atividades de cada etapa, definidos todos os critérios de avaliação dos aspectos considerados para diagnóstico, elaborados os modelos de documentos necessários e definidos os produtos do PDAI. Paralelamente a estas atividades, estava sendo construído um questionário, com a finalidade de orientar os

especialistas na avaliação e diagnóstico das plantas e direcionar para as soluções mais adequadas para cada necessidade identificada. Na Figura 1 é mostrado um diagrama de blocos com a sequência do trabalho desenvolvido.

Figura 1 - Diagrama de blocos com a sequência do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

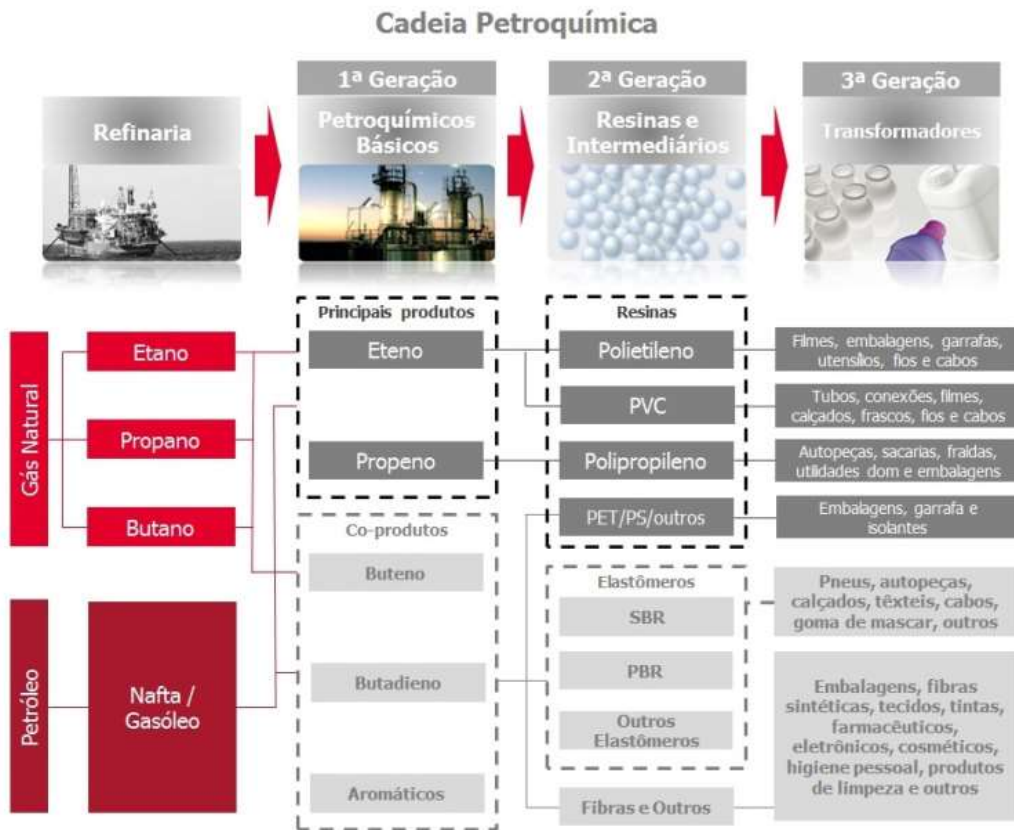
O diagrama de blocos apresentado, resume a metodologia de elaboração do trabalho, apresentando as diversas atividades desenvolvidas. Estas atividades apresentadas, de forma sucinta, resultou no desenvolvimento e apresentação de uma metodologia estruturada e padronizada de elaboração de um plano diretor de automação, com a finalidade de servir como ferramenta eficaz para suportar os processos de avaliação das plantas industriais petroquímicas, bem como nos processos decisórios, sobre o que, quando e onde investir em tecnologia da automação, em função dos *gaps* evidenciados no diagnóstico realizado, para atender às demandas de ganhos de eficiência.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

A indústria petroquímica utiliza como matérias primas principais a nafta, originária da destilação do petróleo, e o etano, resultante da separação do gás natural, sendo que a participação destas matérias primas varia, a depender do país ou região, sendo que no Brasil predomina a utilização da nafta. A maior parte desta nafta é importada, sendo que em 2017 a produção nacional alcançou a marca de 2,1 milhões de toneladas, enquanto as importações totalizaram 7,2 milhões de toneladas. A Figura 2 mostra um resumo do setor petroquímico, contendo o macroprocesso que envolve desde as matérias primas até os produtos para consumo final, passando pelas três gerações deste segmento (EPE, 2018).

Figura 2 - Cadeia de produção da indústria petroquímica



Fonte: EPE (2018).

A cadeia de produção da indústria petroquímica é formada por produtos denominados de primeira, segunda e terceira geração. Os produtos de primeira geração são denominados de

petroquímicos básicos, que são resultantes do processamento das matérias primas obtidas do petróleo (nafta) e gás natural (etano). Estes produtos de primeira geração, principalmente olefinas e aromáticos, servirão para suprir as plantas petroquímicas de segunda geração, as quais irão produzir principalmente resinas e elastômeros. As indústrias de terceira geração, são as plantas de transformação, que convertem as resinas e os elastômeros em produtos acabados para venda no mercado consumidor (VIANA, 2019).

Em termos de economia mundial, os processos petroquímicos são grandes consumidores de energia, principalmente a partir do petróleo e gás natural, existindo uma grande expectativa em relação ao crescimento da demanda de petróleo, onde os petroquímicos devem contribuir com cerca de um terço do crescimento desta demanda até 2030, além de 56 bilhões de metros cúbicos de gás natural, e quase metade deste crescimento da demanda de petróleo até 2050. No entanto ao consumir toda esta quantidade de energia, ocorre, como consequência, a liberação de grande quantidade de emissões de CO₂, bem como outros poluentes atmosféricos (IEA, 2018).

Ao se avaliar os fatos ocorridos e as tendências de mercado, se observa que em 2018 ocorreu um ligeiro declínio de 0,2%, no consumo global de matérias primas originadas de derivados de petróleo no setor petroquímico, nos países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE, em relação ao ano de 2017. Esta queda corresponde ao resultado do aumento de 7,2% ocorrido nas Américas, o que equivale a 6,2 Mt, e a redução de 3,7% ocorrida na Ásia e Oceania, equivalente a -3,0 Mt, bem como na Europa que contribuiu com 5,7%, que corresponde a -3,7 Mt (IEA, 2020). Apesar disto, existe uma perspectiva de crescimento de 2,6% ao ano na demanda de GLP, etano e nafta como matérias primas das indústrias petroquímicas até 2024 a nível global (IEA, 2019). Neste contexto, não se pode desconsiderar que no mercado brasileiro, as matérias primas podem chegar a representar 80% do custo de produção de uma fábrica petroquímica (ABIQUIM; DELOITTE, 2018). Diante disto, trabalhar em ganhos de eficiência operacional e energética é de suma importância para os resultados do setor.

No Brasil o setor petroquímico, incluindo as indústrias de cloro-soda, está classificado como grande consumidor de energia elétrica, ficando atrás apenas do seguimento de metalurgia (alumínio primário, alumina, bauxita, aço bruto, pelletização, ferro-ligas e cobre) e celulose e papel. A demanda de energia elétrica do setor petroquímico para 2020 é estimada em 7 TWh, com uma expectativa de 8 TWh para 2025 e chegando a 9 TWh para 2030 (EPE, 2020). A perspectiva é de constante crescimento do consumo de energia elétrica no segmento industrial

em geral, apesar da ocorrência de uma retração de 8,9% em março deste ano, em relação a março de 2019 (BRASIL, 2020).

A forte concorrência do mercado globalizado, pressiona as empresas pela busca por maior eficiência energética, que se torna um vetor importante para impulsionar a indústria petroquímica no sentido de buscar novos padrões de produção, através da combinação dos recursos da tecnologia da informação, tecnologia de operação e tecnologia de fabricação. Assim, com a revolução da tecnologia e dos negócios, as empresas podem obter recursos que, dentro do conceito de fábricas inteligentes, possam atingir a sua excelência operacional, através do gerenciamento de todo o processo das plantas, com alto grau de automação, digitalização, modelagem etc. (LI et al., 2015; LI, 2016).

Além do exposto a indústria petroquímica também convive com desafios constantes na área de segurança de processo e riscos ao meio ambiente. De acordo com Kampeerawipakorn et al. (2017), existem riscos que podem afetar à saúde da população humana, através dos compostos tóxicos e cancerígenos presentes nas emissões das indústrias petroquímicas, principalmente em países em desenvolvimento onde a gestão e informações sobre estes riscos são deficitárias. Damnjanovic e Roed (2016) apresentam um modelo para gerenciamento de risco em plantas petroquímicas cujo foco é argumentar que a melhoria da segurança operacional pode ser alcançada simultaneamente com o aumento da eficiência operacional, que é uma visão diferente da tradicional em que os custos para implementação de barreiras de segurança eram compensados pela expectativa de reduzir a ocorrência e a gravidade dos acidentes.

A indústria petroquímica possui várias características marcantes e desafiadoras, como já abordado anteriormente, e é neste contexto, que a tecnologia da automação pode contribuir de forma significativa para atingimento de resultados expressivos, apesar de nem sempre ser utilizada em toda a sua extensão e nível de profundidade. Pode-se aplicar a tecnologia de automação para se obter ganhos de produção, melhorar o monitoramento e controle dos processos produtivos e de utilidades, aumentar a eficiência energética, garantir a segurança das plantas, reduzir as emissões e impactos ambientais, melhorar a gestão dos ativos industriais, bem como a gestão da produção dentre outros.

4.2 O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Entende-se por planejamento estratégico, o planejamento de longo prazo, desenvolvido pela alta direção, com a finalidade de adequar os rumos da empresa às mudanças das variáveis ambientais ao longo do tempo (COSTA, 2019).

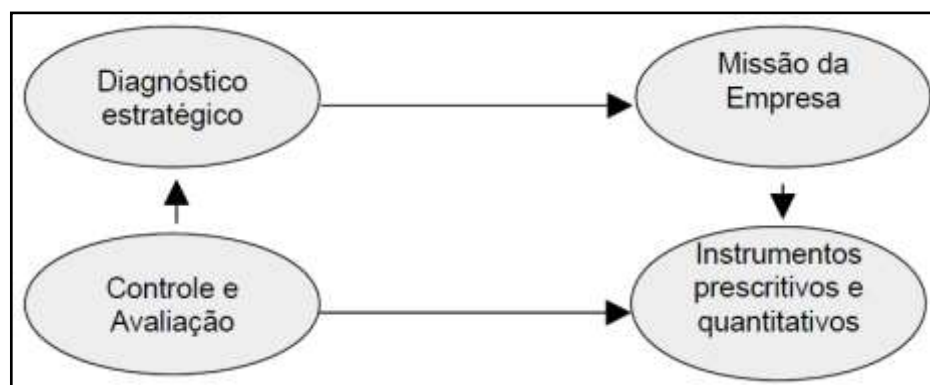
Este planejamento consiste em um conjunto de decisões, compromissos e ações necessárias para que a companhia alcance resultados positivos, com diferencial competitivo. O planejamento estratégico resulta em um plano de longo prazo e deve ser dinâmico, tendo em vista que os mercados passam por constantes mudanças e as empresas devem buscar manter a sua competitividade em um cenário de economia globalizada (IRELAND; HOSKISSON; HITT, 2017).

Em uma organização o problema de tomada de decisão é algo complexo e envolve riscos e incertezas. Assim, em nível estratégico, a direção deve utilizar de processos estruturados, com objetivos bem definidos e resolvidos de maneira formal, detalhada, consistente e transparente, para um horizonte em torno de cinco anos (SHIMIZU, 2006).

Em alinhamento com estes conceitos, é que foi idealizada esta proposta de metodologia para elaboração e execução do plano diretor de automação industrial, para auxiliar à direção das empresas em seus investimentos em automação, alinhados com o desdobramento das metas do seu planejamento estratégico.

Segundo Oliveira (2018) o planejamento estratégico deve obedecer a quatro fases: Fase 1 - Diagnóstico estratégico; Fase 2 - Missão; Fase 3 - Instrumentos Prescritivos e Quantitativos e Fase 4 - Controle e Avaliação. Esta visão aqui apresentada deverá ser adaptada às condições e realidades internas e ambientais da empresa a ser considerada. A Figura 3 mostra o diagrama esquemático do fluxo destas fases do planejamento estratégico.

Figura 3 – Esquemático das fases do planejamento estratégico



Fonte: Oliveira (2018).

Neste fluxo do planejamento estratégico, destaca-se os instrumentos prescritivos e quantitativos, por serem onde se determinam os objetivos da organização e o que ela fará para atingi-los, ou seja, essa fase determina onde se quer chegar e como chegar à situação desejada. É nesta fase que são estabelecidos os objetivos, as metas, as estratégias, o plano de ação (instrumentos prescritivos) e as projeções econômicas e financeiras do planejamento

orçamentário, necessárias ao desenvolvimento dos planos de ação (instrumentos quantitativos). Aqui devem ser analisados quais os recursos necessários e quais as expectativas de retorno para atingir os objetivos, desafios e metas da empresa. Então O PDAI aplicado à planta industrial em avaliação, deve estar alinhado com estas metas estabelecidas, bem como, com as projeções econômico-financeiras adotadas.

A metodologia de elaboração do PDAI, apresentada neste trabalho, parte do princípio de que a empresa possua um planejamento estratégico estruturado, para que o plano diretor de automação industrial possa ser desenvolvido, em alinhamento com o desdobramento das ações e metas dele. Esta não é uma condição mandatória, mas permite focar nos objetivos competitivos da organização, com maior probabilidade de obtenção de recursos para a sua implementação.

4.3 A TECNOLOGIA DA AUTOMAÇÃO

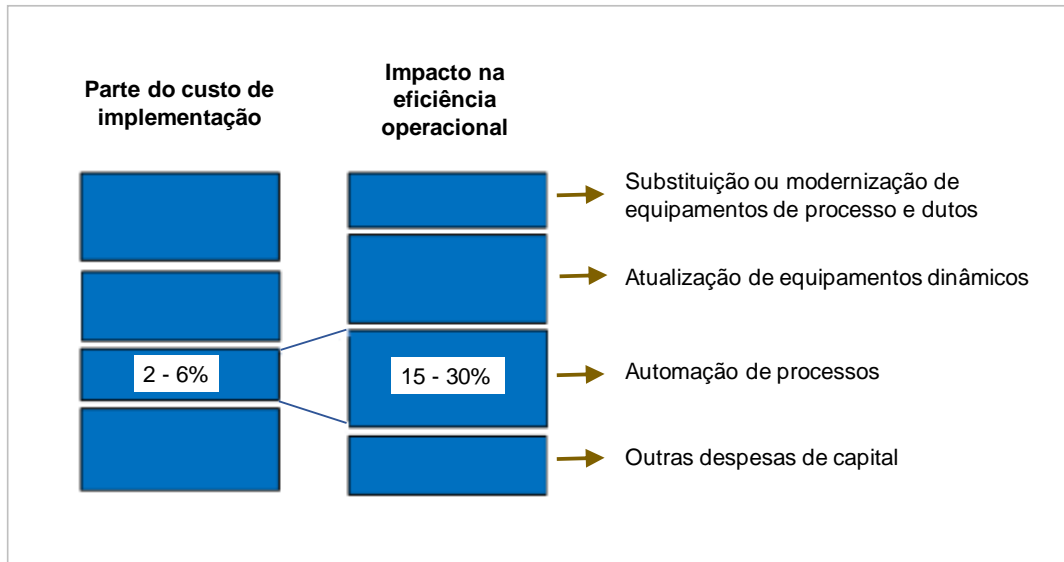
No contexto atual da globalização econômica é fundamental para as indústrias obterem algum diferencial competitivo. É neste contexto, que a tecnologia da automação surge com as suas funcionalidades que permitem automatizar desde um simples equipamento até complexos sistemas para controle de processos. A automação industrial se apresenta como uma tecnologia que reúne um conjunto de métodos que integram equipamentos físicos (hardware) e programas que tem por finalidade o controle desses equipamentos (software), visando os ganhos de eficiência, redução dos custos de produção e a segurança operacional (MARSHALL ; BRADY, 2018).

Desde o século passado que a automação industrial se apresenta como uma das tecnologias mais importantes para os processos produtivos, quando se busca eficiência e segurança, bem como a qualidade dos produtos. Agora com a contribuição de outras tecnologias, tais como a informática, inteligência artificial, telecomunicações, internet das coisas, dentre outras, a tecnologia da automação amplia seus horizontes e torna-se essencial para os ganhos competitivos da indústria de processamento, devido às inovações a ela agregadas (HONG; YING, 2020).

Segundo Shinkevich et al. (2020), no complexo industrial petroquímico da Rússia a automação tem desempenhado importante papel na melhoria do desempenho de eficiência de produção e, apesar de ter um custo significativo para a sua implantação, proporciona resultados expressivos, tais como aumento da eficiência econômica da produção, melhoria da eficiência tecnológica dos processos produtivos e aumento do nível de segurança das plantas. Além disto,

uma comparação interessante entre os custos de implantação de sistemas de automação em relação aos impactos na eficiência operacional, pode ser vista a seguir, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Influência da automação na eficiência operacional de uma planta petroquímica



Fonte: Adaptado de Shinkevich et al. (2020).

Considerando os custos de reconstrução de uma fábrica petroquímica, o custo para implantação de sistemas de automação, nesta fábrica, gira em torno de 2 a 6% do custo total, enquanto a contribuição desta automação implementada gera um retorno de 15 a 30% na eficiência global da planta, frente a outros fatores contribuintes, tais como substituição ou modernização de equipamentos de processo e dutos, atualização de equipamentos dinâmicos e outras despesas de capital, sendo que os sistemas funcionais que se destacam com o emprego da automação, são os sistemas de controle automático de processos produtivos industriais, com ênfase no controle avançado, os sistemas automáticos de segurança, os sistemas de gestão de informação, além da automação dos sistemas e equipamentos elétricos de potência (SHINKEVICH et al., 2020).

Para dar uma visão mais abrangente sobre a aplicação dos recursos da automação industrial nos diversos sistemas funcionais em uma planta petroquímica, com o objetivo de obtenção de ganhos de eficiência da produção e, conseqüentemente, ganhos de eficiência energética, considerando os processos produtivos principais, que processam as matérias primas para obtenção de produtos acabados, bem como os sistemas de utilidades que manipulam os insumos demandados por estes processos produtivos, serão abordados a seguir, alguns aspectos

da automação industrial, bem como serão explorados alguns recursos, que, aplicados adequadamente, resultarão em melhorias na eficiência operacional.

4.3.1 A automação industrial e a eficiência energética

Em processos de conversão de energia a eficiência energética é definida pela relação entre a energia necessária para realizar trabalho útil e a energia total consumida pelo sistema. Quando a energia é convertida em trabalho útil, ela será menor que a energia total fornecida ao sistema, e esta diferença é denominada de perdas. No âmbito da eficiência energética na indústria, busca-se utilizar a energia de forma racional através da redução do consumo por unidade produzida, bem como através da diminuição das perdas (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2017).

Sempre existem perdas no processo de utilização racional da energia, seja esta elétrica, mecânica, química, térmica, luminosa ou outra. No entanto, estas perdas podem ser físicas, que são inevitáveis, ou através do uso inadequado da energia. Assim, este é o ponto em que se deve focar os esforços tecnológicos para se obter a eficiência energética, pois é onde se tem maior possibilidade de ganhos. Apesar da automação, aliada à tecnologia da informação e telecomunicação, já ser utilizada nas indústrias a algum tempo, agora com os avanços tecnológicos, tanto a nível de sensores inteligentes, como em sistemas de supervisão e controle de processos, aliadas à digitalização, inteligência artificial e big data, se pode aplicá-la de maneira mais eficaz na gestão da eficiência energética (FREIRE, 2019).

No entanto, quando se trata de eficiência energética, de uma forma geral, os esforços ainda se concentram na eficiência de equipamentos isoladamente tais como motores, aquecedores, colunas, caldeira etc. Apesar deste enfoque ser importante, é mais eficaz tratar dos sistemas, formado por grupos de equipamentos e processos, ou seja, sistemas. Neste contexto, a aplicação de tecnologias de automação tem papel fundamental (ERICSON, 2020b).

Em um cenário mundial de economia extremamente competitiva as empresas buscam adotar estratégias diversas para alcançar a maximização de seus resultados continuamente e a automação industrial aparece como uma alternativa que vai ao encontro destes objetivos, através do aumento da capacidade de produção, melhoria da qualidade dos produtos, aumento da segurança dos processos e outros (SCHEIFLER et al., 2016). Além disso, é possível observar que existem grandes possibilidades de ganhos de eficiência energética, com a aplicação da tecnologia disponível atualmente, para praticamente todos os setores industriais (BONILLA-CAMPO et al., 2020).

Segundo Ericson (2020a) existem três maneiras principais que os executivos das empresas podem lidar com as questões de desperdícios de energia e, conseqüentemente, da eficiência energética:

- a) Fazer uso inteligente da tecnologia: é importante que as ferramentas de tecnologias implementadas nas plantas sejam maximizadas para que se possa tirar o maior proveito possível dos recursos disponíveis.
- b) Monitorar em tempo real: considerando a dinâmica dos processos industriais, ter informações com periodicidade diária é uma perda de tempo e recursos, pois as perdas de energia ocorrem a cada instante e, por isso, é de suma importância ter as informações em tempo real para melhor controlar e melhor gerir a eficiência dos processos.
- c) Lembrar que pequenas coisas se tornam grandes: não basta controlar as grandes perdas de energia. Muitas vezes uma série de pequenas perdas resulta em um somatório que representa um valor significativo na eficiência global da planta. É o caso da variabilidade dos controles de processos.

Observa-se no texto acima que a automação pode atender às três maneiras de abordar a eficiência energética, pois a tecnologia adotada, uma vez corretamente escolhida e implantada, apresenta grande potencial de resultados eficazes. Além disto, a automação trabalha com informações em tempo real e pode ser aplicada tanto para grandes demandas como para as pequenas perdas de energia, que muitas vezes são desprezadas, porém somadas, podem impactar de forma significativa no resultado global de eficiência da planta.

Existe uma tendência de que os novos empreendimentos industriais tragam em seus projetos e implantação, o conceito de processos altamente automatizados, contemplando os avanços tecnológicos da automação industrial (IKUMAPAYI et al., 2019). Desta forma, estas indústrias podem usufruir dos benefícios que a automação pode proporcionar, desde a aquisição de dados com sensores inteligentes, passando pelo controle e supervisão do processo industrial, a segurança da planta, até as informações processadas pelos sistemas de gestão empresarial.

Os processos modernos de produção possuem padrões de energia altamente dinâmicos e assim, muitas metodologias para aumento de eficiência energética estão sendo adotadas, principalmente o gerenciamento através da digitalização, bem como o gerenciamento dos fluxos de energia e materiais (BONILLA-CAMPO et al., 2020). Dentro do âmbito da automação, é importante ressaltar que as tecnologias digitais possuem grande potencial para otimizar a energia utilizada em muitas atividades, principalmente no controle de processos

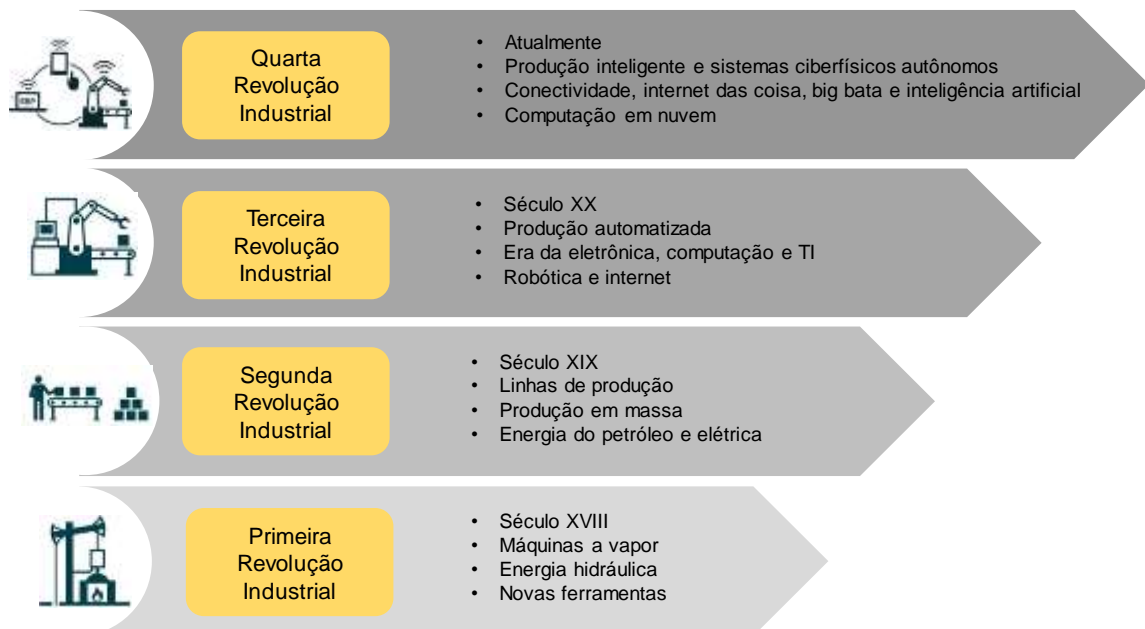
industriais, proporcionado pela conectividade dos dispositivos e sistemas integrados, traduzindo em uma redução na energia usada por unidade de atividade, no conceito tradicional de eficiência energética (IEA, 2020).

De uma forma geral, a indústria necessita avançar de maneira irreversível no caminho da aplicação de tecnologias de automação, cada dia de forma mais intensa, a fim de obter integração de seus processos, aquisição de dados de forma mais densa e em tempo real, uma supervisão e controle mais efetivo da planta, com maior segurança e gerenciando o comportamento energético dos sistemas de forma mais efetiva, a fim de obter maior eficiência de seus processos e, conseqüentemente, maior eficiência energética.

4.3.2 A automação industrial e a transformação digital

A transformação tecnológica vem acontecendo na sociedade em ciclos que se apresentam ao longo do tempo, afetando as sociedades nos aspectos socioeconômicos, alterando a forma de trabalhar, estudar e de viver. A Figura 5 mostra um resumo desta evolução em cada ciclo da revolução industrial ao longo dos séculos.

Figura 5 - As quatro revoluções industriais



Fonte: Adaptado de Munirathinam (2020).

A primeira revolução industrial, século XVIII, estava fundamentada em fábricas de produção mecânica, calcadas em máquinas à vapor, com utilização de energia hidráulica e a introdução de novas ferramentas de trabalho. Na segunda revolução industrial, século XIX,

ocorreu a transição energética para a utilização do petróleo e energia elétrica como fontes de energia para o setor industrial, além da introdução das linhas de produção em massa. Já na terceira revolução industrial, século XX, o vetor foi a utilização da tecnologia em sistemas físicos, através da automação industrial com o uso em larga escala da eletrônica, computação e tecnologia da informação, além da inovação da robótica e da internet. Agora estamos vivenciando a quarta revolução industrial, também denominada de Indústria 4.0, cujo alicerce está nos sistemas cyber-físicos (sistemas que integram diretamente os dispositivos físicos com o mundo cibernético virtual dos softwares) autônomos, produção inteligente, computação em nuvem, big data, inteligência artificial, conectividade e internet das coisas (LU, 2017).

O conceito da Indústria 4.0 surgiu na Alemanha e seu objetivo inicial era o de promover o desenvolvimento da indústria alemã. No entanto, este conceito se expandiu para todo o mundo trazendo a proposta de fábricas mais eficientes, com produção integrada, análise de grandes volumes de dados em tempo real e otimização de recursos. Também são demandados processos com inteligência descentralizada, automatizados e com auto otimização, além de uma gestão integrada desde o fluxo de insumos e matérias primas, até a logística de produtos acabados, contemplando todo o ciclo de vida dos equipamentos, produtos e necessidades humanas (LU, 2017).

Com a digitalização dos dispositivos eletrônicos em geral surgiu o conceito de Internet da Coisas (*IoT – Internet of Things*), que no geral consiste de uma rede de objetos físicos, tais como instrumentos, equipamentos, veículos etc., utilizando da tecnologia eletrônica digital, de softwares e de comunicação, que produzem e consomem dados, através de uma rede de comunicação existente, inclusive a internet, para detectar, monitorar e controlar outros objetos à distância, permitindo maiores possibilidades de integração entre os mesmos, bem como entre os ambientes cibernéticos e físicos. Este conceito quando utilizado no ambiente de produção das fábricas recebe a denominação de Internet Industrial das Coisas ou *IIoT – Industrial Internet of Things* (MUNIRATHINAM, 2020).

Outra característica marcante da Indústria 4.0 é o processamento de grandes quantidades de dados em tempo real (*big data*), para tomadas de decisões em termos de produção. Este processamento requer softwares específicos e especializados, bem como servidores (computadores) dedicados para este fim. Aliado a isto está a computação em nuvem, onde os servidores de processamento dos dados não necessitam estar fisicamente nas instalações industriais, pois pode-se contratar um serviço e estes dados serem processados e armazenados em servidores em qualquer lugar do mundo, acessível via rede de comunicação.

Com a quarta revolução industrial e o conceito de fábrica inteligente, o desenvolvimento futuro da indústria petroquímica vislumbra novos horizontes com fábricas de processos integrados e excelência operacional. Para tanto, nestas fábricas necessitam ser adotadas mudanças na organização de suas linhas de produção, com processos altamente automatizados, tendo como princípios fundamentais a digitalização, conectividade, interoperabilidade, big data, visualização, computação na nuvem e modelagem de processos. Esta não é somente uma revolução em termos de tecnologia, mas também dos negócios, ou seja, da forma de gerir os negócios (LI et al., 2015). A Tabela 1 mostra os fatores, ou seja, os elementos norteadores da fábrica petroquímica inteligente.

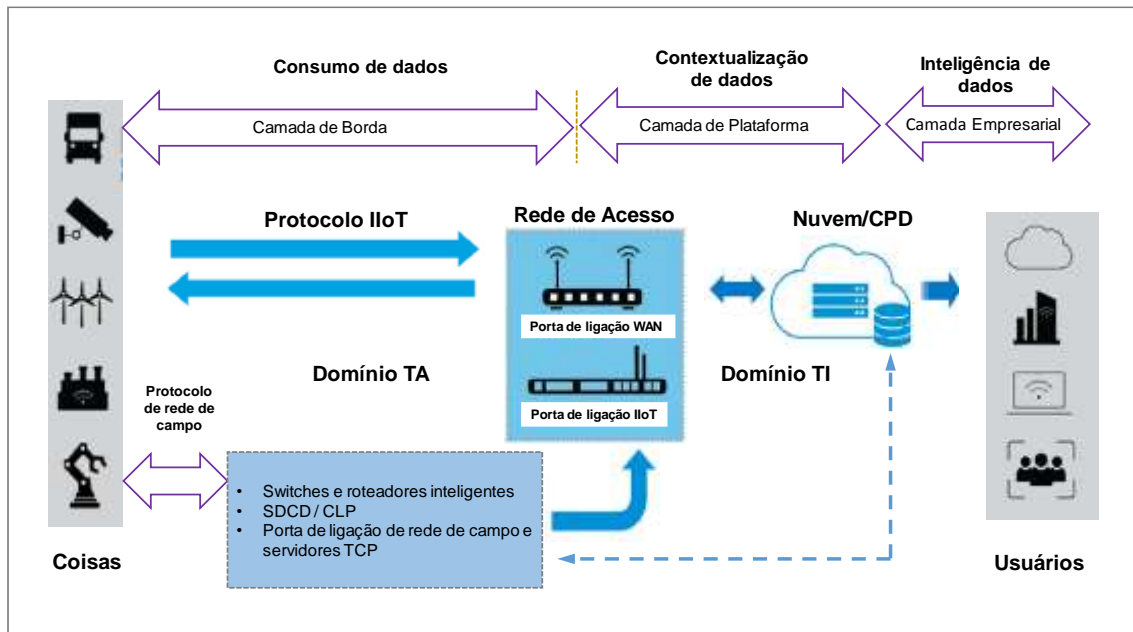
Tabela 1 - Fatores da fábrica inteligente na indústria petroquímica

Fatores	Características
Características	<ul style="list-style-type: none"> Digitalização, visualização, modelagem, integração, automação.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> Percepção, predição, interoperabilidade, análise e otimização.
Áreas de negócios	<ul style="list-style-type: none"> Operações de produção, gerenciamento de equipamentos, gerenciamento de energia, gerenciamento de SSMA, gerenciamento da cadeia de suprimentos, suporte a decisão.
Tecnologias-chave	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologia de otimização, inteligência artificial, tecnologia de controle, tecnologia da informação, tecnologia petroquímica.

Fonte: Adaptado de Li et al. (2015).

No conceito da Indústria 4.0, se pode ressaltar que, em todos os fatores apresentados, existem características voltadas para o campo de atuação da automação, tais como a própria automação geral da planta, garantia de interoperabilidade dos dispositivos, gerenciamento dos equipamentos, tecnologia de controle, tecnologia de otimização e a aplicação da inteligência artificial. A Figura 6 mostra um modelo da integração entre a automação de uma indústria petroquímica e a Internet Industrial das Coisas.

Figura 6 - Integração baseada em IoT



Fonte: Adaptado de Munirathinam (2020).

Pode-se observar, na parte inferior esquerda, marcada em azul claro, os sistemas de controle, monitoramento e segurança da planta, que estão no domínio da Tecnologia da Automação (TA) industrial. Na parte central à esquerda temos as redes de dados da Internet das Coisas e no centro a rede de acesso que concentra as informações disponibilizadas pelos dispositivos e sistemas de toda a fábrica, para em seguida direcionar para os servidores de TI na nuvem. Destes servidores, as informações ficam disponíveis para toda a organização via rede de comunicação corporativa (MUNIRATHINAM, 2020).

Três grandes desafios, para a integração de todos os sistemas de automação industrial tradicionais com a internet industrial das coisas, são: conectividade, interoperabilidade e segurança cibernética. A conectividade se refere a disponibilidade de uma rede de comunicação que suporte todo o volume de dados trafegado; a interoperabilidade diz respeito a compatibilidade entre os protocolos de comunicação (conjunto de regras para se estabelecer comunicação plena entre dispositivos eletrônicos digitais) disponíveis para os diversos dispositivos e sistemas; enquanto a segurança cibernética é fator supercrítico para que dados de controle e segurança de processos industriais trafeguem em redes de internet. Assim, os custos para garantir a segurança dos dados podem ser tão elevados, que dificultem a implantação de algumas soluções (LU, 2017).

4.3.3 A automação industrial e a tecnologia da informação

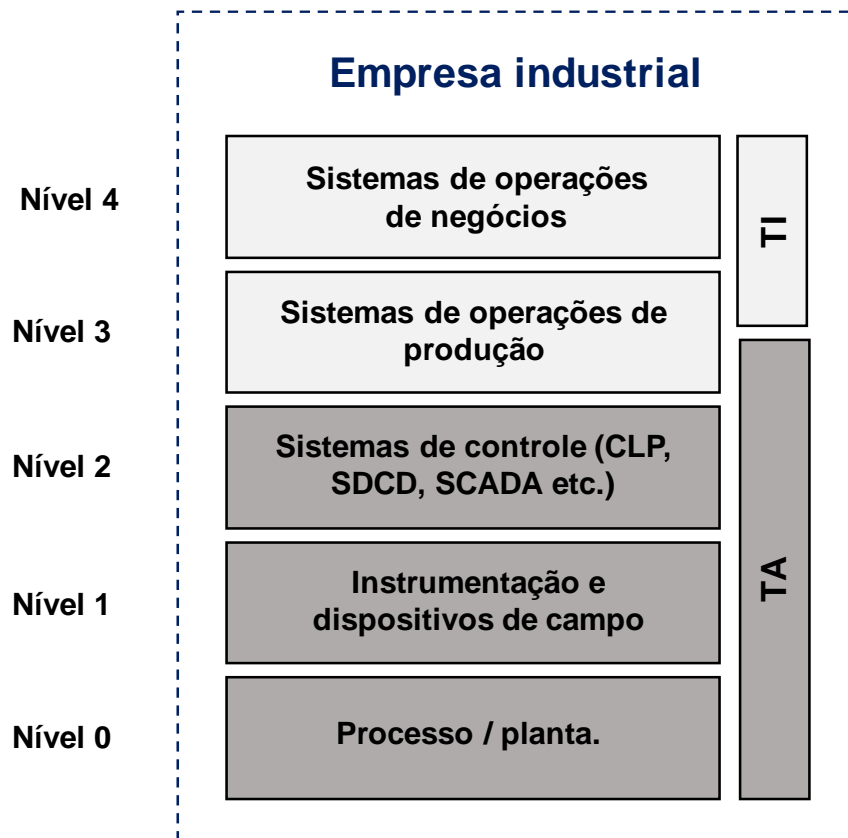
A integração da tecnologia da informação (TI) com os recursos da Tecnologia da Automação (TA) nas operações industriais criou novos modelos de negócios, onde todos os processos organizacionais podem ser informatizados e automatizados, trazendo mudanças revolucionárias e significativas na maneira de gerenciar toda a produção na indústria petroquímica (LI, 2016). Foi a partir da década de 1960 que a Tecnologia da Automação passou a integrar as atividades de informática com o uso de softwares e, a cada dia, com a incorporação de funções inteligentes, desde os dispositivos de campo até os sistemas de controle, que a sua contribuição é cada vez mais significativa. Desta forma, pode-se observar como a tecnologia da informação está, atualmente, intimamente ligada à automação industrial, principalmente com a digitalização dos processos (SHARMA, 2017).

No âmbito da automação industrial os aspectos de TI, tais como infraestrutura, sistemas operacionais, trabalhos com banco de dados, comunicação de dados e cyber segurança recebe a denominação de Tecnologia da Automação (TA) no Brasil. No entanto, conforme encontrado na literatura internacional a denominação para esta área de atuação é denominada de *Operational Technology* (OT), que em uma tradução livre seria Tecnologia Operacional (TO).

A Tecnologia da Automação trata da aquisição de dados, monitoramento, supervisão e controle de processos através da interação de sistemas informatizados que incluem os Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD) e Controladores Lógicos Programáveis (CLP), além da combinação de sistemas elétricos, mecânicos, hidráulicos e pneumáticos, que trabalham em conjunto para alcançar um objetivo comum, relacionado à produção (CSA, 2020).

De uma forma geral, a depender do tipo de requisito técnico, ou de negócio, os sistemas são classificados como sistema corporativo ou sistema de controle, e isto designa de quem é a responsabilidade de gestão, ou seja, da área de Tecnologia da Informação (TI) ou da Tecnologia da Automação (TA) respectivamente, mesmo existindo uma convergência das funções de TI e TA, a fim de melhor gerir as demandas dos diversos sistemas de uma empresa industrial e este modelo está mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Modelo de convergência de TI e TA

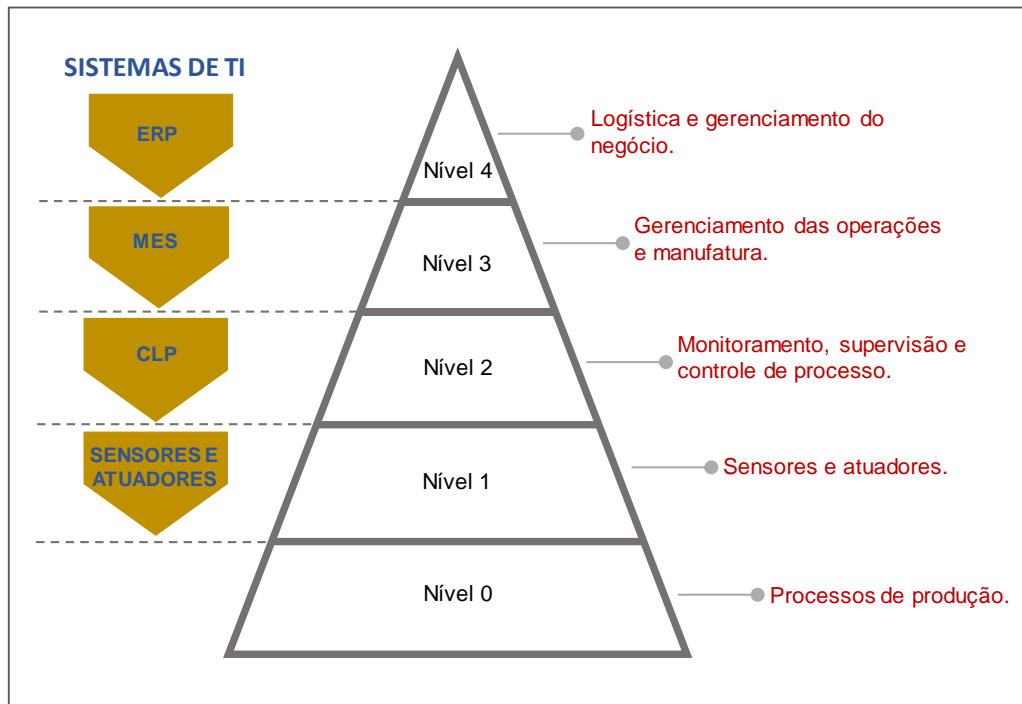


Fonte: Adaptado de Sharma (2017).

Neste modelo são mostrados os cinco níveis da pirâmide de automação e as responsabilidades das áreas de TI e TA, quanto à gestão dos sistemas de automação industrial e automação do negócio, ou seja, automação empresarial. Pode-se observar que no nível 3 existe um compartilhamento de responsabilidades para os sistemas de gestão da produção, tendo em vista a necessidade de obtenção das informações no chão de fábrica, para serem processados nos níveis superiores. Este é o modelo mais comumente encontrado nas indústrias petroquímicas em geral.

A Figura 8 mostra uma proposta de modelo da pirâmide de automação, composta pelos cinco níveis hierárquicos, integrada com as atividades de TI, dentro de uma nova perspectiva onde algumas atribuições de TA, seriam assumidas pela área de TI.

Figura 8 - Pirâmide de automação e sistemas de TI correspondentes



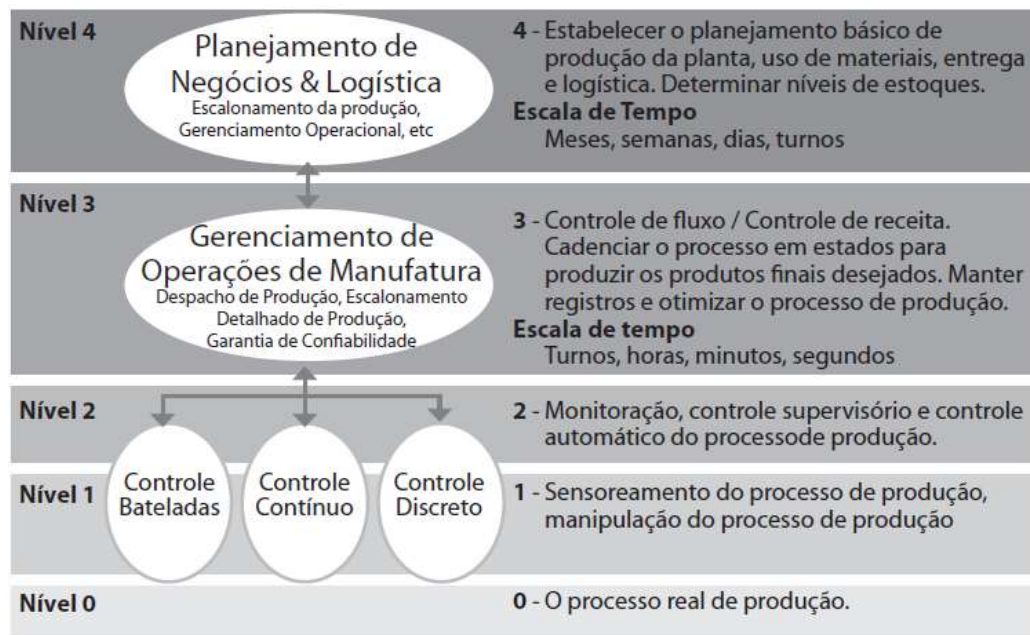
Fonte: Adaptado de Korner et al. (2019).

Esta proposta apresenta uma outra visão de abrangência de atuação da área de TI, para tratar as demandas originadas pelos sistemas digitais, a fim de enfrentar os desafios dos processos indústrias, tendo em vista que, no contexto atual, dentro da divisão de atribuições entre as áreas de automação e tecnologia da informação, os sistemas do nível 1 e do nível 2 são geridos pela área de TA. Isto mostra as diversas possibilidades de integração entre estes dois ramos da tecnologia e que o modelo ideal dependerá da estrutura existente em cada empresa (KORNER et al., 2019).

4.3.4 Alguns campos de atuação da automação industrial

A automação está presente em nossa vida desde a aplicação domiciliar, como por exemplo na máquina de lavar roupas, na automação bancária, através dos caixas eletrônicos, até os sistemas mais complexos utilizados nas indústrias, que atuam desde o chão de fábrica, até os sistemas corporativos, passando pela supervisão, controle e segurança dos processos (MARSHALL; BRADY, 2018). A Figura 9 mostra graficamente um modelo dos processos da automação, contemplando a hierarquia dos cinco níveis definido pela *International Society of Automation* – ISA.

Figura 9 - Processos da automação industrial



Fonte: Seixas Filho (2006).

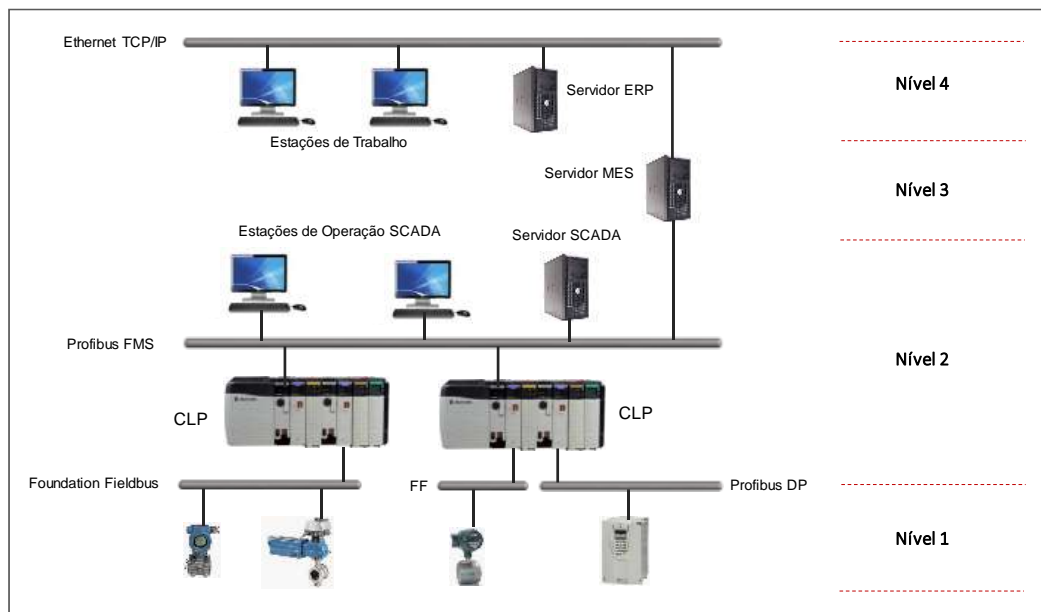
Este modelo apresenta os processos de automação de uma forma hierárquica, composta de cinco níveis, conforme definido pela *International Society of Automation* (ISA), através de sua norma ISA S-95, iniciando do nível 0, que corresponde ao chão de fábrica do processo de produção, seguido pelo nível 1, onde estão os equipamentos, instrumentação, sensores e atuadores. No nível 2 está presente a supervisão, monitoramento e controle do processo, em toda a sua extensão. O gerenciamento de operações da planta está no nível 4 e o gerenciamento dos negócios e logística da empresa no nível 5, sendo que este modelo também é comumente apresentado sob a forma de pirâmide e recebe a denominação de Pirâmide da Automação (SEIXAS FILHO, 2006).

Basicamente, este modelo nos proporciona um entendimento simplificado de todos os níveis de interação dos diversos dispositivos e sistemas, em uma solução completa de automação industrial. Neste fluxo de comunicação, as informações saem dos dispositivos e sensores de campo, nível 1, e são enviadas para os sistemas do nível 2, formado por equipamentos com alto grau de inteligência, responsáveis pelo monitoramento, controle e segurança do processo, onde estas informações são processadas e retornam para os atuadores de campo. As informações presentes no nível 2, também são disponibilizadas para serem consolidadas pelos sistemas de gerenciamento da planta, no nível 3. As informações do nível 3, são obtidas e integradas pelo nível de planejamento estratégico e gerenciamento corporativo, responsável pela administração dos recursos da empresa (nível 4).

À medida que aumenta o nível na hierarquia da pirâmide, aumenta também a quantidade de informações processadas, sendo que até o nível 2, estas são processadas em tempo real, pois trata-se do monitoramento, controle e segurança dos processos de uma planta industrial. No nível 3 as informações são coletadas em tempo real dos sistemas de monitoramento e controle da planta, porém apenas uma parte destas são processadas em tempo real por alguns aplicativos. Para os demais aplicativos do nível 3 e para os sistemas do nível 4, as informações não necessitam de processamento em tempo real, pois são para o gerenciamento global da produção e do negócio respectivamente.

Para deixar mais clara a identificação do que representa a hierarquia da pirâmide de automação, a Figura 10 mostra uma correlação entre os níveis da pirâmide e a arquitetura de automação. Nesta arquitetura é mostrada, de forma bem resumida, os diversos componentes de um sistema completo de automação.

Figura 10 – Arquitetura de automação identificando os níveis da pirâmide



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O nível 0 representa o processo produtivo da planta industrial. Pode ser qualquer processo industrial onde poderão ser aplicados os dispositivos e sistemas que formam os demais níveis da pirâmide de automação.

No nível 1 estão representados os sensores, instrumentos e demais dispositivos de aquisição de dados, bem como os elementos finais de controle (atuadores). Nesta camada estão representados os sensores eletromagnéticos, óticos, transmissores, analisadores, relés, inversores de frequência, *dampers*, válvulas de controle e outros. É neste nível que estão os elementos de interação dos sistemas de monitoramento, controle e segurança da planta com o

processo industrial. Neste nível também estão contempladas as redes de comunicação dos dispositivos de campo e os sistemas de telemetria para interação dos elementos do nível 1 com os sistemas do nível 2.

No nível 2 estão os sistemas que realizam o processamento das informações recebidas do nível 1. Aqui são realizados o monitoramento das variáveis de processo (grandezas físicas e químicas), bem como o controle regulatório básico através dos sistemas denominados por Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), por Controladores Lógico Programáveis (CLP) ou pelos Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados - *SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)*.

Além das funções apresentadas, também faz parte deste nível a supervisão de segurança da planta através dos Sistemas Instrumentados de Segurança (SIS), das funções de alarmes e intertravamentos, para garantir a segurança das pessoas, instalações e meio ambiente. Outra função importante contemplada neste nível é a de controle avançado e de otimização de processo, que são níveis superiores ao controle regulatório básico, e tem por função reduzir ao máximo a variabilidade das variáveis de processo e elevar os *set-points* aos limites máximos de operação da planta.

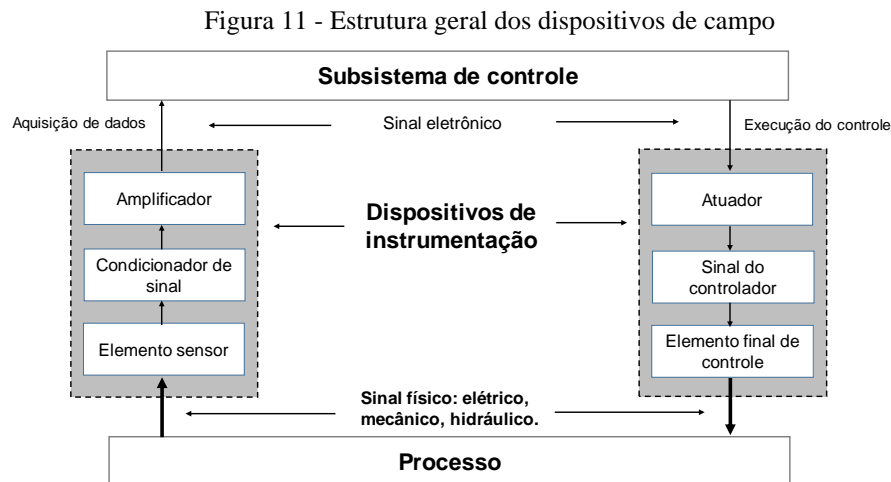
O nível 3 é onde encontra-se os sistemas de automação, juntamente com os sistemas da área de atuação da TI. Aqui está a classe de sistemas de informação que atuam na camada de softwares que ficam entre os sistemas de automação, no chão de fábrica, e os sistemas corporativos da companhia que estão no nível 4 (MEHTA; REDDY, 2015). No nível 3 estão os sistemas para controle da produção. Estes sistemas em sua maioria estão, na filosofia mais comumente encontrada, sob a gestão da área de Tecnologia da Informação, tais como sistema de gestão de matérias, gestão da manutenção, planejamento da produção, dentre outros (SHARMA, 2017). No entanto, na área de automação, pode-se destacar um sistema que atua nesta camada, e que é denominado de Sistema de Gerenciamento de Informações do Processo - *PIMS (Process Information Management System)*.

No nível 4 todos os sistemas são de atuação da área de Tecnologia da Informação. São sistemas destinados ao gerenciamento corporativo, tais como sistema financeiro, sistema de gestão de investimentos, relacionamento com clientes etc. A esta camada da pirâmide de automação dá-se o nome de *Enterprise Resource Planning (ERP)* que é uma solução de sistema de gestão integrado, formado por módulos que podem ser personalizados para atender às necessidades de cada empresa, destinados a otimizar o planejamento de recursos empresariais ou planejamento de recursos corporativos (PRASNOWO et al., 2019).

O poder das tecnologias digitais, aliada aos benefícios da conectividade, veio otimizar a aplicação da automação no âmbito industrial, com a finalidade de melhorar a eficiência dos processos, incluindo o uso racional e eficiente de energia. Assim, a seguir, serão apresentadas algumas aplicações da tecnologia da automação, dentro do amplo campo de sua atuação.

4.3.5 Dispositivos de campo

Os dispositivos de campo estão referenciados no nível 1 da pirâmide de automação. Estes dispositivos estão instalados nos equipamentos e tubulações do processo de produção e incluem toda a instrumentação de campo, todos os sensores e detectores, os analisadores de processo, os atuadores em geral, as válvulas de controle e outros. Estes dispositivos são interligados aos sistemas do nível 2, e esta ligação pode ser através de condutores elétricos individuais ou através de redes de comunicação de dados. Estas redes de comunicação de campo podem interligar os dispositivos aos sistemas de monitoramento e controle por meio de condutores elétricos, cabos de fibra ótica ou redes sem fio (*wireless*). A Figura 11 mostra a estrutura geral dos dispositivos de campo.



Fonte: Adaptado de Sharma (2017).

Nesta estrutura se pode observar que os sensores, detectores ou chaves, analisadores e instrumentação em geral coletam dados diretamente dos processos produtivos, através das condições das variáveis de processo (grandezas físicas e químicas) e os envia para os sistemas de controle da planta. Nos sistemas de controle estes dados são processados e ações são produzidas. Estas informações referentes às ações de controle são enviadas para as válvulas de controle e atuadores em geral, para que estes atuem diretamente no processo, a fim de adequá-

lo às condições previamente definidas. A Figura 12 mostra alguns tipos de sensores para medição de temperatura, que são utilizados para coleta de dados dos processos.

Figura 12 - Exemplo de sensores de temperatura



Fonte: Emerson Automation (2020).

Os sensores apresentados correspondem a um elemento primário de temperatura, que são inseridos nas tubulações ou equipamentos da planta, com a finalidade de medir a temperatura dos produtos utilizados no processo e enviar esta informação para o sistema de monitoramento e controle. A Figura 13 mostra um exemplo de dispositivo atuador.

Figura 13 – Exemplo de dispositivo atuador



Fonte: Samson Group (2020).

Este dispositivo atuador corresponde a uma válvula de controle, que tem a finalidade de transformar os sinais enviados pelo sistema de controle, em ações de comandos que agem

diretamente no processo, a fim de corrigir os desvios das condições de operação. A válvula de controle é instalada diretamente nas tubulações e tem a finalidade de manipular o fluxo do fluido que circula por ela, aumentando ou diminuindo gradualmente este fluxo, alterando um determinado parâmetro de processo, como temperatura, pressão etc.

Os sinais trocados entre os dispositivos de campo e os sistemas de controle podem ser analógicos, onde a sua amplitude é proporcional ao valor da grandeza medida, dentro de valores padronizados, ou digitais, que assumem apenas dois valores, ou seja, 0 ou 1, desta forma, ou o sinal está presente ou ausente. Estes sinais digitais podem ser discretos (simplesmente 0 ou 1) ou através de um protocolo de comunicação, onde são gerados uma sequência de zeros e uns, que representam uma série de informações (BOLTON, 2015). Os sensores de temperatura mostrados na Figura 11 e o atuador tipo válvula de controle, mostrado na Figura 12, operam com sinal analógico.

Na atualidade estes dispositivos de campo estão dotados de inteligência, ou seja, possuem um software embarcado, através do qual os dispositivos podem realizar funções de cálculos e controle, além de realizar o seu próprio monitoramento e auto diagnóstico, permitindo que decisões possam ser tomadas independente do controle central. Neste contexto, também estão os dispositivos caracterizados com IIoT (internet industrial das coisas), cuja comunicação entre dispositivos, bem como, com o sistema de controle, deve ocorrer através de protocolos digitais em redes de comunicação de dados (MUNIRATHINAM, 2020).

Ter dispositivos de campo eficientes, a fim de realizar a interface adequada com o processo, é fundamental para realizar a automatização de uma planta industrial, pois é necessário que estes dispositivos possam coletar a maior quantidade de dados possíveis, de forma correta e confiável, bem como interagir para correção dos desvios de parâmetros do processo de forma precisa, sendo que todo este tráfego de dados deve ocorrer com a maior assertividade e velocidade, para que haja um correto controle da planta em tempo real.

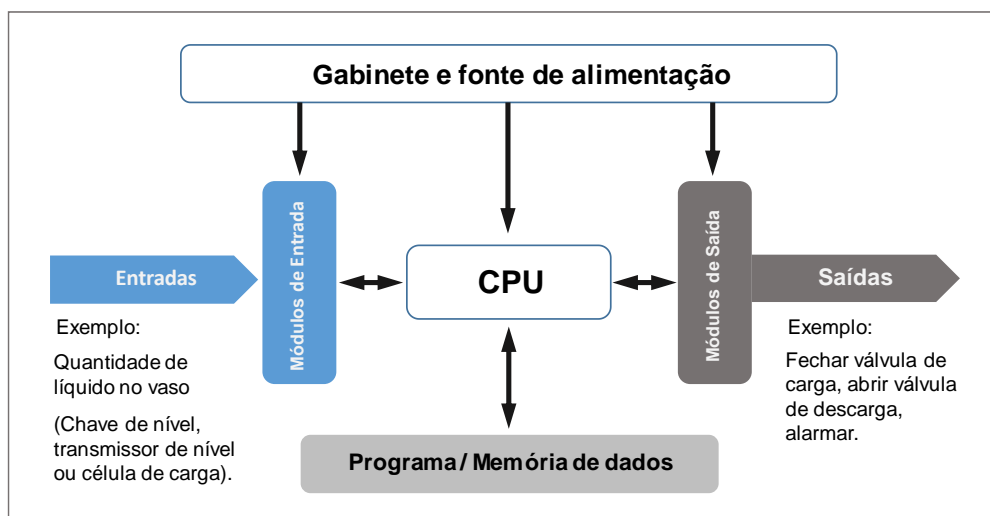
4.3.6 Sistemas de monitoramento e controle

Os sistemas de monitoramento e controle de processos pertencem ao nível 2 da pirâmide de automação e se constituem como o cérebro do sistema de automação. No geral podemos citar três sistemas como os principais para esta categoria: o Controlador Lógico Programável (CLP) ou na terminologia da língua inglesa *Programmable Logic Controller* (PLC), o sistema

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) e o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD).

O controlador lógico programável é um sistema eletrônico microprocessado, que processa informações em tempo real e é dedicado para monitoramento, controle e segurança de processo. O CLP é composto de fonte de alimentação, CPU (*Central Process Unit*) ou Unidade Central de Processamento, módulo de interface de comunicação, módulos de entrada e módulos de saída. A CPU lê os valores das variáveis de processo presentes nos módulos de entrada, vindos dos sensores e instrumentação de campo, processa um programa aplicativo elaborado para uma finalidade específica e executa as funções definidas neste programa. Após executar o programa, a CPU atualiza os valores no módulo de saída, nos quais estão ligados os diversos atuadores, que irão interagir com o processo. O CLP não possui interface de comunicação visual com o homem, sendo que a interação deste com o controlador, se processa através de um terminal de programação ou através de um notebook que contenha o programa destinado a este fim. Os módulos de interface de comunicação permitem a interação do CLP com outros sistemas externos ou redes de campo, através de protocolos digitais, enquanto os módulos de entrada e saída, que podem ser do tipo analógico ou discretos, são utilizados para comunicação individual com os dispositivos de campo. A capacidade de processamento de um CLP contempla desde pequenas aplicações, como ligar ou desligar uma bomba de alimentação de um reservatório de água, até grandes aplicações de monitoramento e controle de uma planta industrial (MEHTA ; REDDY, 2015). A Figura 14 mostra um modelo de arquitetura funcional do CLP.

Figura 14 – Arquitetura funcional do CLP

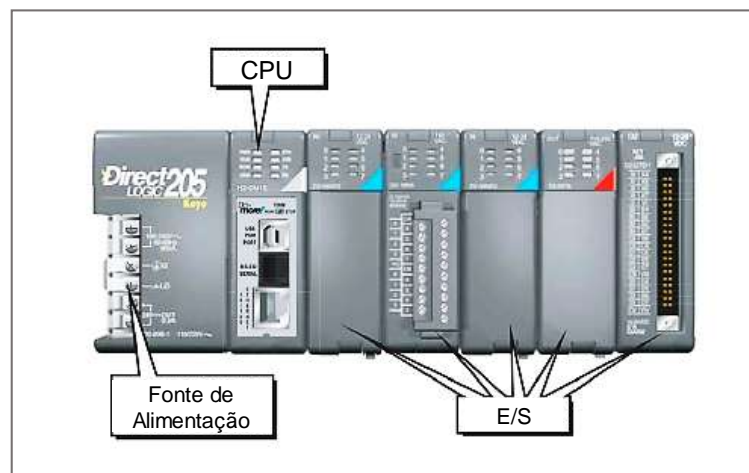


Fonte: Adaptado de Marshall e Brady (2018)

Nesta arquitetura estão presentes os seus elementos básicos e foram apresentados alguns exemplos de sinais de entrada e de sinais de saída, a fim de facilitar o entendimento. É importante entender que inicialmente o CLP foi concebido para processar controle lógico discreto, porém com o advento dos microcontroladores de melhor desempenho o CLP passou a desempenhar funções comparativas complexas, bem como controle regulatório básico do tipo PID (proporcional, integral e derivativo) para controle de processos contínuos. Hoje o CLP tem capacidade para processar milhares de entradas e saídas discretas, e centenas de entradas e saídas analógicas, no entanto, apesar desta evolução são poucos utilizados em plantas de processo contínuos, devido à sua limitação para controle mais sofisticados, porém são bastante utilizados para processos que requerem sequenciamento e intertravamentos (segurança), onde o seu desempenho é bastante eficaz (MEHTA; REDDY, 2015).

Quando o CLP é aplicado para segurança de processo em funções específicas de Sistemas Instrumentados de Segurança (SIS), se faz necessária a utilização de CLP especialmente concebido para este fim. A Figura 15 mostra o aspecto físico de um modelo de CLP para aplicação geral.

Figura 15 – Aspecto físico de um modelo de CLP



Fonte: Adaptado de Levenson, Nelson e Adegbege (2017).

Neste modelo de CLP apresentado, está identificado o módulo correspondente à fonte de alimentação à esquerda. Em seguida encontra-se o módulo da CPU, onde ocorre o processamento do programa aplicativo e dos sinais de entrada e saída, e à direita, os módulos de entradas e saídas (E/S) dos sinais dos dispositivos de campo. Por não possuir originalmente uma interface para operação, o CLP necessita de um dispositivo auxiliar para esta finalidade.

Este dispositivo é denominado de Interface Homem Máquina (IHM) de campo, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Interface Homem Máquina (IHM) de campo

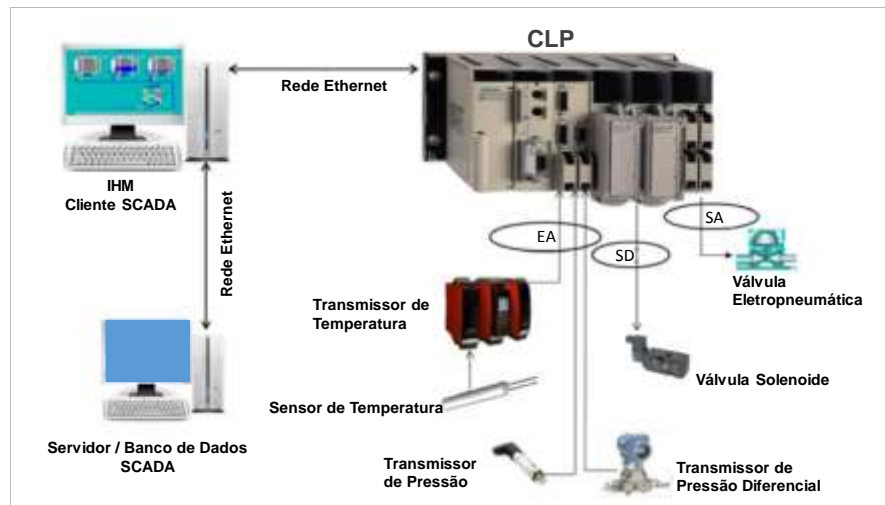


Fonte: Altus (2020).

Este tipo de IHM possui recursos e funcionalidades de layout de telas de operação, sinalização e listas de alarmes e eventos, bem como botões de comando e sinalização configuráveis. Em geral este tipo de IHM de campo é instalada nas portas de painéis elétricos e são utilizadas para operação de processos simples, com pouca complexidade e exigência de recursos operacionais, sendo que para sistemas mais complexos, onde existe o requisito de maiores recursos disponíveis para operação e monitoramento do processo, é utilizado o sistema SCADA, que disponibiliza maiores recursos e funcionalidades para operação da planta.

O sistema SCADA, ou sistema de controle de supervisão e aquisição de dados, é um sistema utilizado para monitorar e controlar remotamente, e em tempo real, os processos nas indústrias. O sistema SCADA é formado por computadores (servidores) onde é instalado um software especialista destinado a executar as funções de supervisão dos processos industriais; uma série de equipamentos periféricos que fazem a interface com o processo (máquinas, tubulações etc.) através de sensores e atuadores, para aquisição e alteração das condições de processo, bem como uma rede de comunicação de dados, que integra os equipamentos periféricos com os servidores (MEHTA; REDDY, 2015). A supervisão é a função que permite ao operador ter uma visão atualizada do status das variáveis de processo e realizar o controle do processo industrial ao longo do tempo. Uma das tarefas da supervisão é realizar a interface homem-máquina (IHM), a qual deve fornecer ao operador uma visão rápida e completa de todos os eventos de importância da planta, destacando o status, a evolução e os desvios inesperados (alarmes) das variáveis de processo. Um exemplo da arquitetura do sistema SCADA é mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Arquitetura do sistema SCADA



Fonte: Adaptado de Panchal et al. (2016).

Nesta arquitetura pode ser visto os três elementos principais do sistema, ou seja, o CLP como o elemento de aquisição de dados do processo, o qual está interligado aos sensores e atuadores de campo que interagem diretamente com o processo de produção. Também consta a rede de comunicação Ethernet que interliga o CLP ao conjunto de computadores onde está instalado o software supervisor (cliente SCADA) e por último o computador denominado de servidor do supervisor. O servidor é onde a base de dados do supervisor está instalada e o cliente é onde o software de interface homem-máquina (IHM) reside e, através da qual, o operador pode operar a planta (SHARMA, 2017). O CLP usualmente é instalado no campo, ou seja, próximo ao processo produtivo, enquanto o servidor e IHM ficam instalados em um local geralmente denominado de sala de controle. Esta sala de controle é uma edificação que concentra as funções de operação da planta industrial e possui acomodações ergonômicas e climatizadas, a fim de permitir boas condições de trabalho ao operador.

O sistema SCADA é um sistema aberto, ou seja, ele pode ser composto por componentes de fabricantes diferentes. O CLP pode ser de um fabricante, a rede de um provedor de domínio público, os computadores e o software de um segundo e terceiro fornecedor respectivamente. Isto torna este sistema economicamente atraente para aplicações onde não seja exigida grandes performances para controle de processo, pois a sua limitação fica condicionada à capacidade de desempenho do CLP, que é onde o processamento do controle é realizado. Para aplicações com requisitos mais elevados de capacidade de controle, utiliza-se o SDCD, que será apresentado mais à frente.

Originalmente o sistema SCADA foi concebido para realizar a supervisão do controle de instalações em grandes extensões de áreas, como sistema de bombeamento de água, por exemplo, onde o equipamento de interface de campo faz a aquisição dos dados do processo e

os enviava para o supervisor via comunicação de rádio frequência. Assim, estas interfaces de campo foram denominadas de UTR (Unidade Terminal Remota), por estar localizada remotamente em relação à sala de controle, onde o operador operava o processo através do supervisor (STOUFFER et al., 2015). Na figura 18 é mostrado um exemplo de posto de trabalho dos operadores de um sistema SCADA.

Figura 18 – Posto de operação do sistema SCADA em uma sala de controle

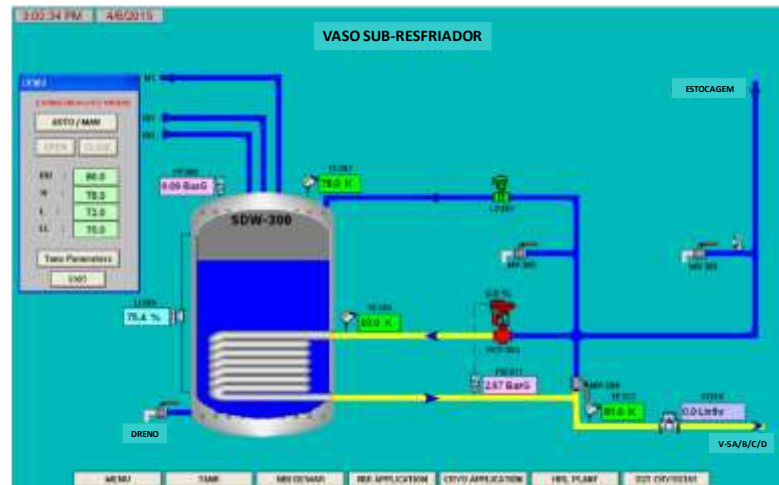


Fonte: Engprocess (2020).

Este posto de trabalho dos operadores de sistema SCADA é instalado em uma sala de controle, que é o local onde se concentram as interfaces homem/máquina dos sistemas para monitoramento e controle dos processos industriais. Pode-se observar quatro monitores com as telas do supervisor carregadas, além de uma tela grande para monitoramento de um dado processo em destaque.

O software supervisor possui diversas funcionalidades tais como telas gráficas para monitoramento e operação da planta, registro de alarmes e eventos, registros de tendência das variáveis de processo, relatórios, registros de comando dos operadores, controle de acesso, múltiplas janelas de operação, telas de detalhe das malhas de controle, *layout* do processo, programação de receitas e historiador. A Figura 19 mostra um exemplo de tela de operação do sistema supervisor.

Figura 19 – Tela de operação do sistema supervisório



Fonte: Parchal et al. (2016).

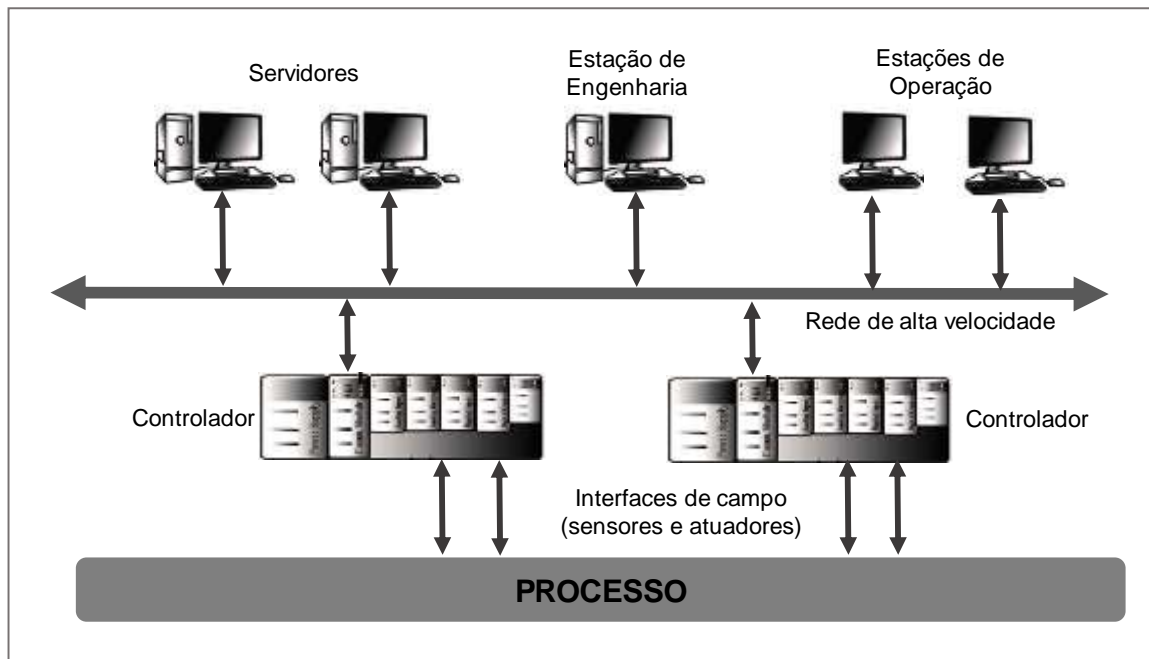
A tela de operação mostra o *layout* do processo com seus equipamentos, tubulações e instrumentos de monitoramento e controle da planta. Na identificação dos instrumentos (*TAG*), está indicado o valor da variável de processo medida e na parte superior esquerda, consta o detalhe do controlador de nível do vaso SDW-300, mostrando os quatro níveis de alarmes, os botões de seleção do modo de controle automático ou manual, os botões para abrir ou fechar a válvula de controle no modo manual, o botão de parâmetros de sintonia de controle e o botão para fechar esta janela.

O terceiro e mais importante sistema de controle de processos industriais é o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), que é um sistema formado por controladores automáticos eletrônicos microprocessados com grande capacidade de processamento de dados, separados fisicamente, o que caracteriza o controle distribuído, porém conectados através de uma rede de comunicação digital de alta velocidade, que garante o compartilhamento de informações em plantas de processamento em larga escala, onde estão presentes milhares de sinais de entrada e saída discretos e analógicos, e centenas de malhas para monitoramento e controle dos processos industriais, através do qual os operadores fazem a interface com estes processos por meio de interfaces homem-máquina denominadas de estações de trabalho ou estações de operação, que possui um software instalado com funções de supervisão, tendo as mesmas funcionalidades da IHM do sistema SCADA, permitindo acesso aos parâmetros das variáveis e equipamentos de processo da planta, a fim de realizar o seu completo e correto controle (MEHTA; REDDY, 2015).

O SDCD utiliza uma arquitetura de controle modular, distribuindo o processamento do controle da planta, através de um grupo de controladores, com a finalidade de reduzir o impacto de uma única falha em todo o sistema. Assim, o controle do processo é alcançado através da

implementação, nos controladores, de malhas de controle regulatório, onde as principais características dos produtos são mantidas automaticamente em valores pré-definidos denominados de *set-points*, e monitorados através de telas de operação nas estações de trabalho. Os parâmetros de processos são obtidos através dos dispositivos sensores de campos, que os envia para os controladores por meio de conexão individual ou por redes de comunicação de dados. Após o processamento nos controladores, os comandos são transferidos para os dispositivos atuadores, os quais interagem diretamente no processo. O meio de conexão destes dispositivos com os controladores, seguem a mesma filosofia dos sensores (STOUFFER et al., 2015). A arquitetura de um sistema digital de controle distribuído (SDCD) é mostrado na Figura 20.

Figura 20 – Arquitetura de um SDCD



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Na arquitetura do SDCD podem ser vistos os controladores, que são o cérebro do sistema, distribuídos ao longo do processo e interconectados por uma rede de alta velocidade. Esta rede também comunica os controladores com os servidores, onde uma aplicação de software supervisor é processada. Completando a rede de comunicação, estão os servidores de banco de dados e as estações de operação (estações de trabalho) onde os operadores podem desenvolver as funções de monitoramento e controle da planta. Nesta arquitetura também é mostrada a estação de engenharia, que é utilizada para que a equipe de automação possa

desenvolver as aplicações de software dos controladores e das estações de operação, bem como realizar a manutenção do sistema (MEHTA; REDDY, 2015).

O SDCD não é um sistema aberto, é sistema com tecnologia proprietária, ou seja, a tecnologia de todos os componentes da arquitetura do sistema pertence ao mesmo fornecedor, que em conjunto formam o sistema, sendo totalmente, neste aspecto, diferente do sistema SCADA. No entanto, em alguns sistemas, a rede de comunicação de alta velocidade pode ser de tecnologia proprietária ou pode ser uma rede com tecnologia de domínio público. Esta característica torna este sistema mais confiável quanto a integração de todo o seu *hardware* e *software*, tendo em vista que já foi concebido para trabalharem em conjunto, a fim de atingir a performance desejada (STOUFFER et al., 2015).

As funcionalidades das estações de operação ou IHM (supervisão) de um SDCD são similares às do software supervisor do sistema SCADA, com telas gráficas, telas de grupo de instrumentos, telas de histórico de tendências, telas de detalhes de instrumentos, telas de alarmes etc.

Para a aplicação em grandes plantas de produção dentro da mesma localização geográfica, tais como refinarias de petróleo, fábricas de produção petroquímica, usinas de produção de energia elétrica, plantas de celulose etc., são utilizados o SDCD como sistema de monitoramento e controle, por este possuir controladores com grande capacidade de processamento de dados, a fim de executar estratégias de controle regulatório, cálculos computacionais, aplicações de controle avançado, controles de batelada e controles de sequenciamento, além de aplicações de segurança da planta. Outras características que tornam o SDCD indicado para aplicação em grandes unidades de produção, é a sua natureza intrínseca de redundância, a capacidade e flexibilidade para expansão a partir de uma instalação inicial (STOUFFER et al., 2015).

Na indústria petroquímica o SDCD também é o sistema de controle mais utilizado para monitoramento e controle dos processos produtivos principais, devido aos motivos expostos, sendo que outros sistemas como SCADA ou CLP são também utilizados, porém em processos secundários, como alguns processos de utilidades, armazenagem e efluentes, dos quais podem ser citados a geração de ar comprimido, tratamento e fornecimento de águas, torres de resfriamento, tancagem, armazéns de produtos finais e tratamento de efluentes. Estes controladores podem ser interligados ao SDCD, através de interfaces de rede de comunicação de dados e ter as estações de operação do SDCD como as interfaces de interação com o processo. Outra aplicação importante que utiliza CLP em plantas petroquímicas, é em segurança de processos, onde são utilizados em funções de intertravamento.

A utilização de sistemas de monitoramento e controle de processo em uma planta petroquímica é de suma relevância, pois é através deles que se pode garantir a qualidade do produto, reduzir a variabilidade do processo, evitar erros operacionais, garantir o controle de emissões de gases para o meio ambiente, garantir a segurança das pessoas e instalações, melhorar a eficiência dos processos e, conseqüentemente, a eficiência energética da planta, através dos recursos e funcionalidades que estes sistemas podem proporcionar.

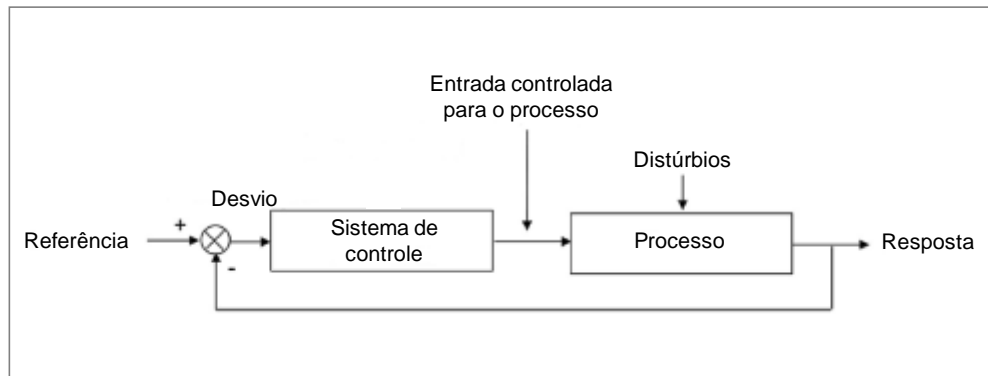
4.3.7 Controle regulatório, controle avançado e otimização

Existem várias classificações de processos industriais, bem como uma grande diversidade de estratégias de controle automático que podem ser aplicados a estes processos e, conseqüentemente, aos processos petroquímicos também, inclusive aos processos de utilidades, que suportam as principais plantas petroquímicas. Estas estratégias podem partir deste um simples controle *on-off*, ou controle de duas posições, até alcançar as aplicações mais elaboradas de controle avançado de processos (*APC – Advanced Process Control*) com otimização em tempo real (*RTO – Real Time Optimization*) (SHARMA, 2017). A escolha da estratégia de controle mais adequada às necessidades e especificações do processo é de importância vital, a fim de responder de forma precisa e confiável às perturbações, de maneira a controlar ou eliminar os seus efeitos, além de atender a uma série de critérios de desempenho, como valor desejado, tempo de resposta, variabilidade, dentre outros (NOLAN, 2019).

Neste capítulo não se tem a pretensão de explorar em profundidade a teoria de controle, muito menos as diversas estratégias de controle, pois não é escopo, nem objetivo deste trabalho. Aqui será exposto uma breve abordagem do controle regulatório básico, a aplicação da estratégia de controle avançado, bem como a combinação destas estratégias com a otimização de processos, para que possa ficar evidenciado, que são ferramentas que podem propiciar ganhos de eficiências nos processos industriais, e quando direcionadas para os processos petroquímicos, se tem como consequência os ganhos de eficiência energética.

Como controle regulatório básico estamos adotando a estratégia de controle em malha fechada, com retroalimentação (*feedback*), que utiliza os modos de controle proporcional, integral e derivativo (PID) para se conseguir o controle e estabilidade das variáveis de processo. A Figura 21 mostra um esquema de uma malha de controle regulatório básico.

Figura 21 – Modelo de sistema de controle básico



Fonte: Adaptado de Dorf e Bishop (2015).

A estratégia de controle em malha fechada com feedback é um controle onde um sensor mede continuamente a variável de processo de interesse (temperatura, pressão, nível, densidade etc.), denominada de variável controlada, e envia esta informação para o sistema de controle, SDCD ou CLP, por exemplo, o qual irá realizar um processo de computação, comparando o valor da variável medida com um valor de referência (*set-point*) pré-definido pelo usuário, como ponto de controle, e irá tratar esta diferença (desvio) incrementando os efeitos dos ganhos proporcional, integral e derivativo, a fim de definir um valor de sinal de saída. Este sinal será direcionado para um elemento final de controle (atuador), como uma válvula de controle, por exemplo, alterando a quantidade de energia que entra no processo em questão, a fim de corrigir os efeitos dos distúrbios ou levar o processo para as condições desejadas. Esta estratégia de controle tem por finalidade específica, manter constante a variável de interesse, que significa buscar constantemente seguir o valor pré-definido como ponto de controle, tendo como um dos principais requisitos de projeto a sua estabilidade (HAIDEKKER, 2020).

Existem alguns recursos residentes nos próprios sistemas de controle que permitem a implementação de técnicas mais elaboradas de controle, através de blocos de funções ou programação personalizadas, tais como controle em cascata, controle com *feed-forward* ou controle de relação, que são denominadas de controle regulatório avançado – ARC (*Advanced Regulatory Control*). Segundo Muller e Craig (2016), com a aplicação de controle regulatório avançado em um sistema de utilidades, sistema de água de resfriamento de circuito duplo, de uma planta petroquímica, o potencial de redução no consumo de energia pode atingir até 30%, em relação ao sistema sem esta estratégia de controle, a partir da implantação de recursos de controle em cascata, controle do seletor de substituição e algoritmos de controle customizado.

O controle regulatório básico é muito importante, porém possui algumas limitações significativas: só controla uma variável por vez e ainda permite uma variabilidade residual de

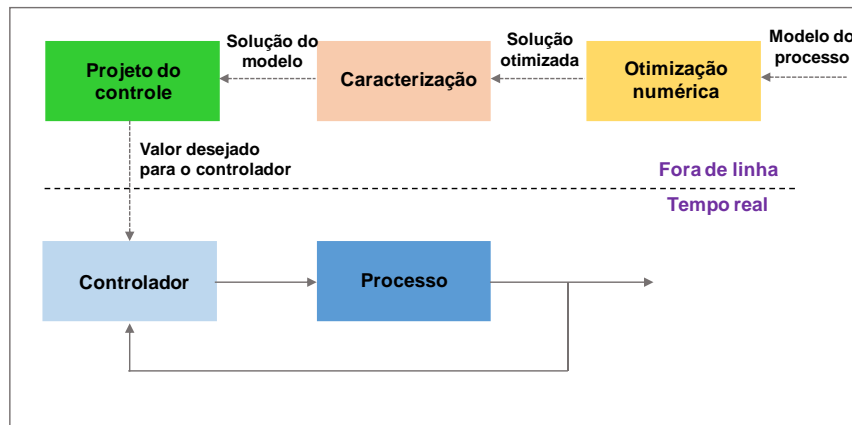
processo, que pode não afetar o controle da variável de interesse, mas pode interferir na eficiência global do processo. A variabilidade de processo é uma grandeza de interesse particular no estudo das estratégias de controle, pois é a base sobre a qual os aplicativos de APC são desenvolvidos e implantados nos processos industriais.

O APC é um conjunto de recursos de estratégias de controle que são implementados em blocos de funções ou programas desenvolvidos com funções específicas, dentro ou fora do sistema de supervisão e controle da planta, porém interagindo com os controladores existentes no sistema de controle, e que fazem parte das malhas necessárias para o bom desempenho do APC. O controle avançado de processos tem como foco, a máxima diminuição da variabilidade do processo, que é um dos maiores desafios das diversas tecnologias de produção. O APC se caracteriza por ser um modelo de controle preditivo, ser um controle multivariável e atuar acima do controle regulatório. Como vantagens da aplicação do APC, se pode citar: maior rendimento do processo, redução de consumo de energia e matéria-prima por unidade de produto, custos operacionais reduzidos, qualidade consistente do produto, maior flexibilidade operacional e melhor estabilidade do processo (MEHTA; REDDY, 2015).

Além da necessidade de se manter o processo sob controle e de se reduzir ao máximo a variabilidade de processo, um outro grande desafio para as engenharias é a questão da eficiência dos processos, principalmente no contexto atual de economia globalizada, de forte concorrência, grande pressão por redução de custos, estreitos limites de especificação e requisitos ambientais cada vez mais exigentes. Assim, uma das mais importantes abordagens é a otimização de processos industriais, que visa atingir melhor desempenho global das plantas, com maior eficiência, menor consumo de energia e taxas de processamento mais altas (VENKATESWARLU ; JUJJAVARAPU, 2020).

A integração entre as soluções do controle de processos, o APC e a otimização fazem parte das estratégias de ganhos de eficiência nos processos industriais. A otimização utiliza de modelos e técnicas matemáticas para se buscar elevar o ponto de operação do processo em avaliação e uma das técnicas utilizadas é a otimização em tempo real (RTO – *Real Time Optimization*) que busca corrigir as imperfeições da arquitetura *off-line*, através dos ajustes dos erros de modelagem e a influência dos distúrbios de processo, utilizando-se das informações das medições das variáveis que afetam o controle e a otimização, que em geral pode ocorrer por meio da adaptação do modelo e repetição do algoritmo de otimização a cada iteração ou através da adaptação das entradas, otimizando o controle regulatório (BONVIN; FRAÇOIS, 2017). A Figura 22 mostra um modelo simplificado de uma arquitetura de otimização.

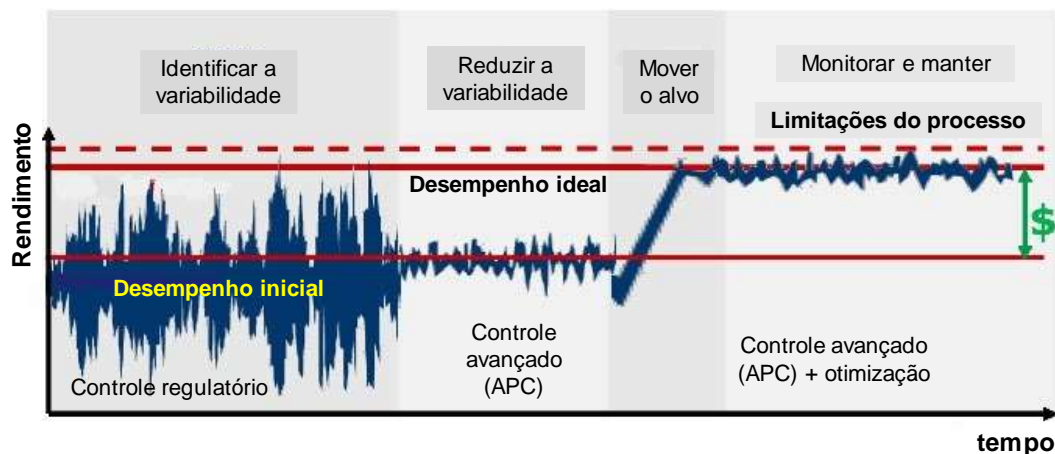
Figura 22 – Modelo simplificado de uma arquitetura de otimização



Fonte: Adaptado de Bonvin e Fraçois (2017).

Esta é uma arquitetura em que o sistema de otimização, que trabalham *off-line*, conduz o sinal do valor desejado (*set-point*) dos controladores com realimentação negativa, que operam em tempo real, a fim de obter uma resposta otimizada da estratégia de controle, como um todo, sobre o processo em avaliação. Na Figura 23 é mostrado um gráfico com o desempenho das estratégias de controle apresentadas neste capítulo.

Figura 23 – Gráfico de desempenho das estratégias de controle



Fonte: Adaptado de Techplus (2020).

O gráfico de rendimento apresenta o desempenho teórico do controle regulatório, com grande variabilidade do processo; a aplicação do APC que resulta na redução significativa da variabilidade do processo e, com a redução da variabilidade, se pode aplicar a otimização, com o deslocamento do ponto de trabalho para próximo do limite do processo. Com isto, se pode observar o ganho de rendimento e, conseqüentemente, o ganho de produção, que se traduz em ganhos financeiros para a empresa. Também é importante destacar que diante da realidade da

indústria petroquímica, considerando tanto os processos principais, quanto os processos de utilidades, isto significam ganhos de eficiência energética.

4.3.8 Sistemas de alarme e segurança

A confiabilidade operacional de uma planta e a sua eficiência energética são funções intimamente relacionadas e devem ser considerados sempre conjuntamente. Assim, para se buscar a obtenção de ganhos de eficiência energética em uma planta petroquímica, se faz necessário cuidar da segurança em tempo real, começando pelas funcionalidades dos alarmes, passando pelos sistemas de intertravamento e indo até o nível dos Sistema Instrumentados de Segurança (SIS).

As variáveis dos processos industriais devem operar dentro de limites operacionais, que quando ultrapassados, devem gerar alarmes, ou atuar o sistema de intertravamento de irá colocar os equipamentos do processo de produção em condições seguras preestabelecidas. Estes limites são extrapolados quando perturbações no processo resultem em condições que provoquem o desvio das condições desejadas. Os alarmes são funções críticas de automação industrial que, ao ocorrer um desvio da variável de processo dos limites pré-estabelecidos, devem atuar de forma sonora e/ou visual, a fim de chamar a atenção do operador em relação a uma situação anormal de processo ou equipamento, que requer uma resposta em um tempo definido (MEHTA; REDDY, 2015).

A função de alarme é executada no sistema de monitoramento e controle da planta, sendo um SDCD ou SCADA, porém além desta função, outra função crítica de automação também é executado neste tipo de sistema. É a função de intertravamento, que atua quando ocorre uma falha, ou seja, quando ocorre um desvio grave dos limites críticos pré-estabelecidos para cada variável de processo. Uma falha de processo é quando algo ocorre de maneira diferente do normal e previamente definido. O intertravamento quando atua pode parar a operação de um equipamento, sistemas ou de toda a planta, removendo aquela condição insegura.

Entende-se por perigo a característica física ou química inerente que tem o potencial de causar danos, enquanto o risco é a probabilidade de um evento perigoso especificado acontecer a qualquer momento e, cuja ocorrência, tenha um efeito prejudicial sobre pessoas, processos, instalações e meio ambiente, sendo parte significativa das estratégias de automação, sendo que os intertravamentos devem mitigar ou eliminar os riscos de uma planta industrial. Para as

funções de intertravamento os sensores e os atuadores utilizados, são os mesmos que são empregados para o controle dos processos (SHARMA, 2017).

Existem processos que requerem segurança especial, devido à sua criticidade. Para estes processos se faz necessário realizar uma avaliação de risco e implementar sistemas especiais de automação, a fim de garantir a segurança da planta. Estes sistemas são denominados de Sistemas Instrumentados de Segurança (SIS), e são constituídos de CLP especialmente desenvolvidos para este fim. Um SIS incorpora técnicas de segurança de processo, fazendo com que as malhas de controle de uma planta possam assumir a condição de falha segura, independente do sistema de controle, na ocorrência de eventos indesejados. Ao atuar, o SIS interrompe rapidamente a operação de um ou mais sistemas, ou de toda a planta, isolando os fluxos de entrada e saída do processo, reduzindo a probabilidade um evento indesejado ocorrer, continuar ou aumentar (NOLAN, 2019). Um modelo de CLP para aplicação em SIS é mostrado na figura 24.

Figura 24 - Exemplo de CLP de segurança para aplicação em SIS



Fonte: ABB (2020).

Este é um exemplo de CLP de segurança especialmente projetado e construído para aplicações em SIS. É um equipamento especial, construído com componentes de alta confiabilidade, componentes redundantes, de características superiores de desempenho em termos de tempo de resposta, exatidão, velocidade de processamento, tempo de atualização das informações etc. Algumas rotinas podem ser executadas duas vezes em seções diferentes da CPU, através de processamento redundante. O recurso de redundância de componentes e processamento deste tipo de sistema visa aumentar a sua disponibilidade, além de ser um equipamento certificado por empresas credenciadas e estarem de acordo com os requisitos de normas internacionais que norteiam este tipo de aplicação. Assim, como o CLP de segurança possui características especiais, também os elementos sensores e atuadores são especificados

de forma a tender aos requisitos normativos e possa desempenhar a sua função com confiabilidade, desempenho e disponibilidade (BASU; DEBNATH, 2019).

Em uma indústria petroquímica a implantação e utilização desses recursos de automação industrial para o monitoramento dos processos através do gerenciamento dos sistemas de segurança, são fundamentais para garantir, não somente a integridade das pessoas e instalações, mas também a eficiência dos processos, pois um processo que não é seguro, também não pode ser eficiente. Desta forma, a gestão de alarmes e os sistemas de segurança contribuem de forma decisiva para a obtenção de ganhos de eficiência energética.

4.4 PLANO DIRETOR DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL - PDAI

O PDAI é uma ferramenta de avaliação, diagnóstico e proposição de investimentos no âmbito da tecnologia da automação, direcionado para um planejamento mais adequado às necessidades dos processos de produção industrial, a fim de maximizar os resultados esperados. Esta ferramenta visa auxiliar os líderes de negócios na tomada de decisão sobre quando, onde e como investir os recursos de automação, para se obter a maior eficiência de produção.

Atuando no nível tático, o PDAI permite identificar o melhor caminho para a integração dos diversos sistemas dos processos produtivos de uma unidade industrial, em relação à operação e aos sistemas de automação, visando o monitoramento e controle das variáveis de processo, a segurança das plantas industriais, a eficiência energética e a redução dos impactos ao meio ambiente, ou seja, ganhos de eficiência de produção integrada. As tecnologias avançadas de automação podem contribuir para a redução de custos operacionais, melhorar a eficiência dos processos, cumprir as regulamentações e proteger contra-ataques cibernéticos (JOHNSON, 2012).

No processo de avaliação dos diversos recursos de hardware e software de automação disponíveis no mercado, o processo de tomada de decisão para selecionar a melhor aplicação para determinada situação e contexto, passa pela necessidade de examinar muitos critérios significativos, não se restringindo apenas a quantidade e custo (NEB; REMLING, 2019). É com esta visão que o PDAI avalia diversos critérios tecnológicos e de gestão no âmbito da automação, a fim de propor ações que possam efetivamente agregar valor às metas estratégicas da unidade industrial.

O processo de globalização impõe grande pressão para redução de custos, principalmente devido a mão de obra e insumos. Assim, otimizar os processos produtivos é um posicionamento mandatário, sendo que a automação desses processos se torna algo inevitável.

Desta forma, no momento de se escolher onde investir em projetos de automação, bem como, qual o nível ótimo de automação a ser implantada em um processo industrial, é importante se utilizar de uma metodologia com uma abordagem que considere diversos fatores, a fim de apoiar as decisões, usando uma gama de critérios multivariáveis, que venham a atender às crescentes necessidades de qualidade dos produtos e eficiência dos processos (BURGGRAF et al., 2019).

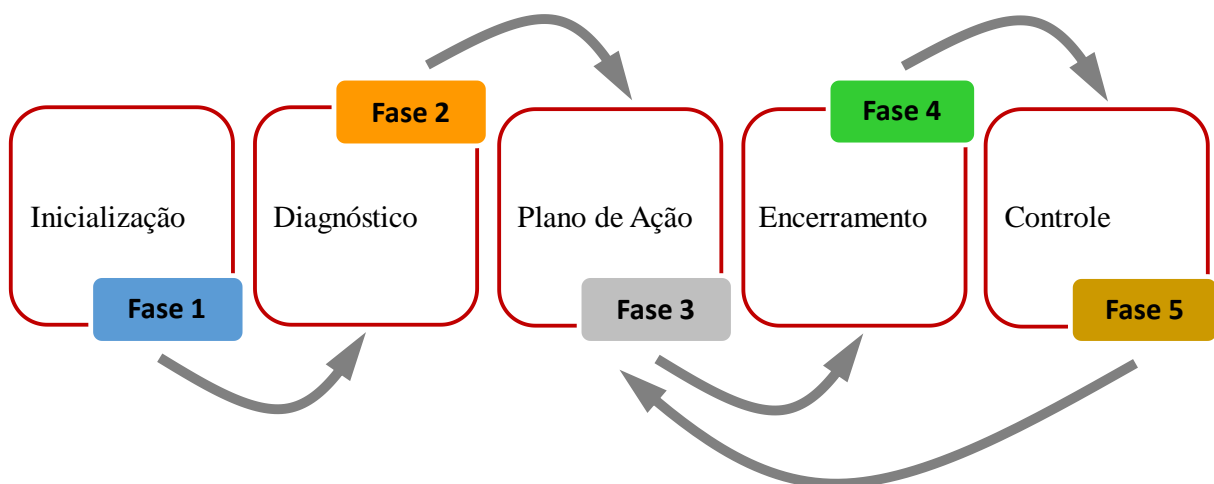
Uma metodologia estruturada que considere os diversos critérios e aspectos da automação é fundamental para um processo decisório consistente, considerando que os dados capturados durante o processo de avaliação e diagnóstico, serão fundamentais para direcionar o tipo de investimento e o nível de automação requerido na planta industrial avaliada. Com os dados obtidos e as necessidades mapeadas, pode-se avaliar estas informações, a fim de tomar decisões mais assertivas sobre o tipo e a extensão do nível da automação a ser adotada (BURGGRAF et al., 2020).

Alinhado com esta filosofia, a metodologia de elaboração do PDAI é desenvolvida a partir da implementação de uma série de etapas, que formam uma avaliação estruturada de vários fatores, com critérios bem definidos, que avalia diversos aspectos da automação da planta industrial, que ao final, resultará em um conjunto de ações propostas bem alinhadas às necessidades evidenciadas no estudo. Estas ações propostas darão origem a um portfólio plurianual de investimentos, alinhados às metas desdobradas do planejamento estratégico. Esta avaliação deverá ser revisitada, anualmente, a fim de se verificar se faz necessário algum ajuste, decorrente de novas demandas, da dinâmica das estratégias de mercado, bem como dos novos cenários econômicos e tecnológicos.

5 A METODOLOGIA PADRONIZADA PARA ELABORAÇÃO DO PDAI

O modelo aqui proposto, visa estruturar e padronizar a metodologia para a elaboração de um Plano Diretor de Automação Industrial (PDAI). Esta metodologia padronizada permitirá ao especialista em tecnologia da automação realizar o diagnóstico do nível de excelência da automação da planta em avaliação, bem como obter a visão futura a ser alcançada em um horizonte de até cinco anos. É importante que a cada ano, o PDAI seja revisitado para que se possa verificar o grau de excelência atingido e se as projeções permanecem as mesmas, tendo em vista que podem ser alteradas devido a revisão do planejamento estratégico da empresa, demandas setoriais, avanços tecnológicos e alinhamento com as situações de mercado dentre outros. Desta forma, pode-se observar que o PDAI é um instrumento vivo, pois a cada reavaliação, busca-se atingir níveis mais consolidados de excelência em automação, sempre projetando esta evolução com uma perspectiva de longo prazo. Assim, tendo como objetivo maior a obtenção de ganhos de eficiência energética em uma planta petroquímica, com a implantação de recursos de automação, utilizando esta metodologia pode-se conseguir este objetivo, com uma melhor seleção de projetos de automação que tenham sido, previamente, avaliados com potencial para se atingir esta meta. A Figura 25 mostra o fluxo das cinco fases do modelo padronizado da metodologia proposta do PDAI.

Figura 25 – Fluxograma das fases do PDAI

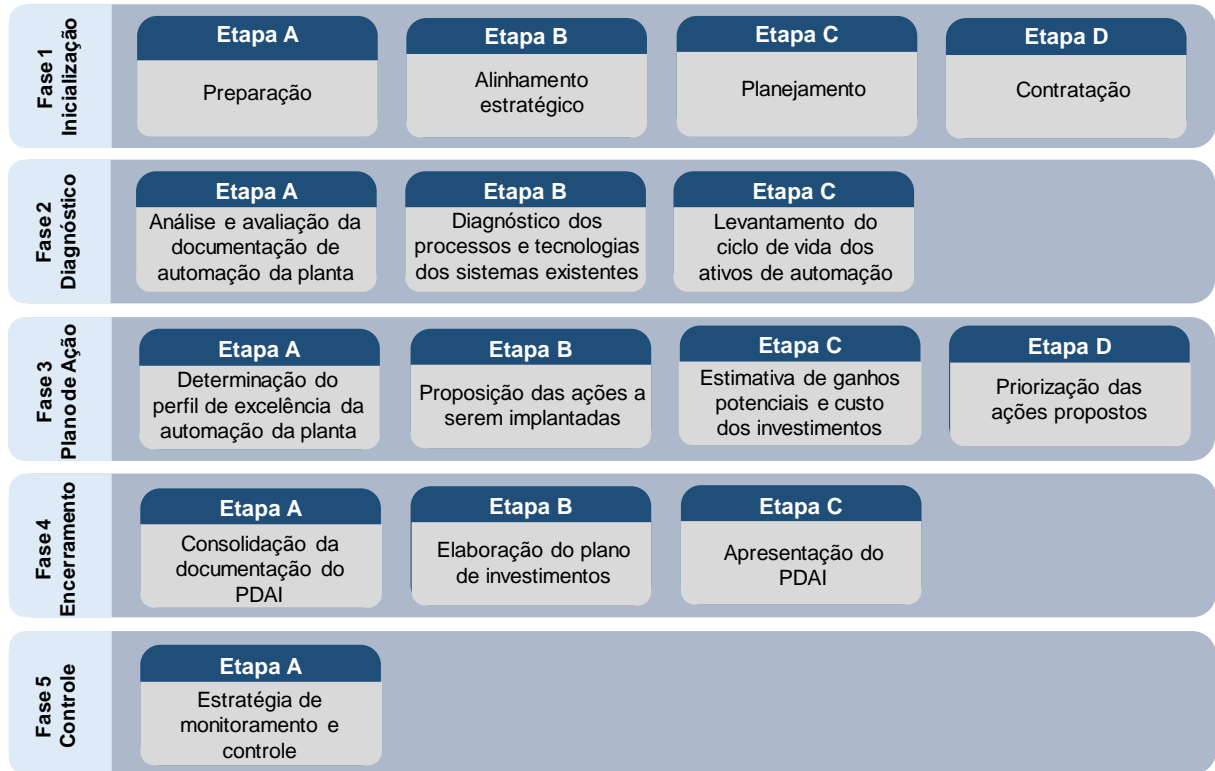


Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

O fluxo da metodologia apresentada é composto por cinco fases sequenciais. Estas cinco fases se desdobram em quinze etapas que forma um roteiro, que visa sistematizar e padronizar

o processo aplicado para a elaboração de um PDAI. A Figura 26 mostra a estrutura completa com todas as fases e respectivas etapas da metodologia proposta.

Figura 26 – Estrutura completa da metodologia do PDAI



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

O modelo acima apresenta as principais atividades a serem desenvolvidas, contemplando desde a formação da equipe e levantamento de informações, até a proposição de soluções de automação e formação do portfólio de investimentos de automação, passando pela avaliação e diagnóstico das informações levantadas, bem como a estimativa de ganhos potenciais das ações propostas. É importante ressaltar, que a aplicação da metodologia de elaboração do PDAI deverá ser realizada por uma empresa especialista em automação industrial, para que os resultados almejados possam ser alcançados de forma efetiva, tendo em vista que se faz necessário ter grande experiência e conhecimento das tecnologias e soluções de automação, para poder propor ações que venham a suprir as demandas da planta, que surgirem durante a fase de avaliação. A seguir são apresentadas, de forma sequencial, as fases da metodologia do PDAI com suas respectivas etapas.

5.1 FASE 1 – INICIALIZAÇÃO

Corresponde a fase inicial da elaboração do PDAI, na qual ocorrerá a formação da equipe que irá conduzir os trabalhos, o planejamento das atividades, o alinhamento com o planejamento estratégico da companhia e a contratação da empresa parceira, especializada em tecnologia de automação industrial, para aplicar a metodologia.

A Fase 1 será constituída por quatro etapas, a saber:

5.1.1 Preparação

A primeira atividade desta etapa inicial será a definição do profissional que irá liderar a equipe e, juntamente com a empresa especializada em automação, irá conduzir os trabalhos de elaboração do PDAI na planta. Após a indicação do líder, este terá como primeira missão a formação da equipe multidisciplinar que, utilizando deste modelo proposto, trabalharão no projeto do PDAI. Se faz necessário que a empresa possa disponibilizar profissionais experientes em cada área de atividade requerida.

Para o bom desenvolvimento dos trabalhos é importante que esta equipe multidisciplinar, conte com pelo menos um profissional das áreas de engenharia de automação, engenharia de processo, operação, tecnologia da informação, engenharia ou manutenção elétrica, engenharia ou manutenção de instrumentação. Além destes profissionais convidados a integrar a equipe do PDAI, o gestor da planta industrial em avaliação também comporá a equipe como membro obrigatório, pois mesmo não participando de todas as atividades a serem desenvolvidas, é ele quem validará o trabalho de elaboração do plano diretor de automação industrial.

5.1.2 Alinhamento estratégico

É importante e necessário que o PDAI seja elaborado em alinhamento com as metas, oriundas do desdobramento das diretrizes do planejamento estratégico da empresa, direcionadas para a planta industrial em avaliação. Assim, na elaboração do PDAI deve-se buscar contribuir para atendimento a estas metas, utilizando-se dos recursos disponibilizados em todos os campos de atuação da automação. Sendo que, em particular, buscar propor ações que, em alinhamento com o planejamento estratégico, uma vez implantadas, possam contribuir para a obtenção de ganhos de eficiência energética.

Será responsabilidade do líder e de toda a equipe do PDAI conhecer o planejamento estratégico da empresa e as metas relacionadas à planta que será avaliada, para que as ações propostas na fase do plano de ação, estejam alinhadas com estas metas e propiciem os ganhos esperados.

5.1.3 Planejamento

O líder da equipe deverá apresentar para os demais integrantes o que será realizado, a metodologia de trabalho e as diretrizes para alcance das metas. Em seguida deverá ser elaborado um cronograma preliminar das atividades. Após a contratação da empresa especialista em automação, responsável por aplicar a metodologia do PDAI, este cronograma deverá ser consolidado com o agendamento e confirmação das datas de todas as atividades. Este fato não impedirá que o cronograma possa ser revisado, a qualquer tempo, com a evolução dos trabalhos previstos.

5.1.4 Contratação

Outra atividade da fase de inicialização é a contratação de uma empresa especialista em automação industrial, a qual deverá aplicar a metodologia do PDAI, a fim de se obter o objetivo almejado. O primeiro passo que a equipe do PDAI deve executar é a elaboração de uma Memorial Descritivo (MD) com todo o escopo e condições para o fornecimento dos serviços, inclusive o prazo estimado para a sua conclusão. Este prazo do MD é uma referência que sinaliza a expectativa da empresa contratante, porém cada proponente, deverá validar ou propor novo prazo para elaboração do PDAI.

Com o fornecedor contratado, este deverá, então, aplicar a metodologia de elaboração do PDAI, a fim de se obter um conjunto de proposições de investimentos de automação, bem alinhados com as metas estratégicas e necessidades da empresa, a fim de se maximizar os resultados.

5.2 FASE 2 – DIAGNÓSTICO

Esta é uma fase importantíssima para o desenvolvimento do PDAI, pois é nela que serão coletadas as informações que servirão de base para as tomadas de decisões. Aqui serão desenvolvidas atividades que visam coletar informações do nível de automação dos diversos

processos produtivos da unidade em avaliação, através da análise da documentação existente, entrevistas a profissionais e workshops colaborativos, a fim de se visualizar o nível de excelência da automação da planta em avaliação, incluindo o levantamento do ciclo de vida dos ativos de automação instalados.

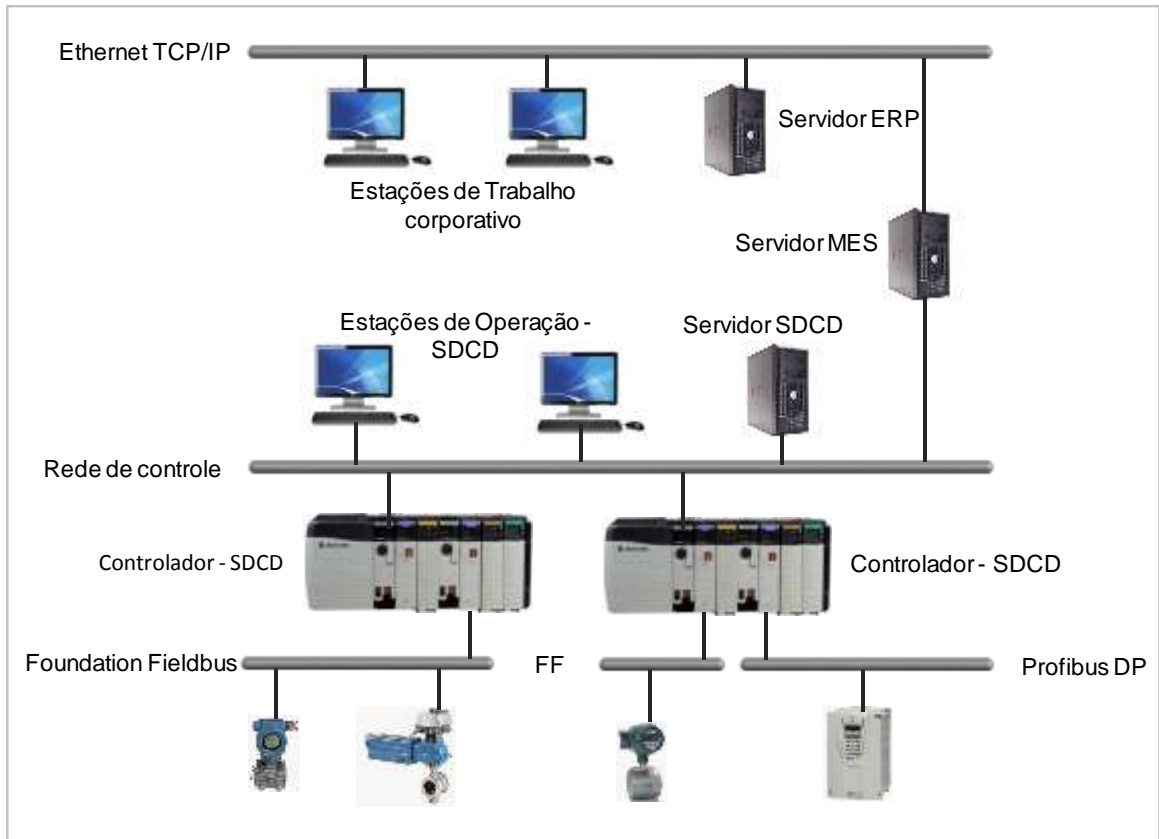
A Fase 2 será constituída por três etapas, a saber:

5.2.1 Análise e avaliação da documentação de automação da planta

Nem sempre a empresa na qual será desenvolvido o PDAI possui a arquitetura funcional de automação da planta atualizada, mostrando a filosofia de automação existente com a conectividade entre todos os diversos sistemas. Assim, nesta etapa deverá ser realizada a atualização deste documento, para que a avaliação propiciada pelo PDAI seja desenvolvida considerando uma arquitetura que reflita a realidade da automação que monitora e controla os processos da planta em questão. Caso a empresa não possua este documento, o mesmo deverá ser elaborado simultaneamente ao desenvolvimento do PDAI, devido à sua importância para a metodologia aplicada. A não existência deste documento consolidado e disponível para se iniciar a elaboração do PDAI, não inviabilizará os trabalhos, uma vez que o mesmo poderá ser desenvolvido com os demais documentos de engenharia disponíveis e necessários, tais como as especificações dos sistemas, os diagramas de interligação, os desenhos de topologia de redes, os fluxogramas de engenharia, diagramas de malhas, descritivos funcionais, manuais de operação etc. Toda esta documentação de automação e processo deverá ser considerada e avaliada durante o transcorrer dos trabalhos.

As informações necessárias para elaboração ou revisão da arquitetura de automação da planta serão coletadas das avaliações da documentação de engenharia existente, bem como das auditorias de campo e entrevistas realizadas com os profissionais das diversas áreas industriais. Ter este documento atualizado é muito importante na identificação das soluções para implementação das oportunidades, bem como, na avaliação das estimativas de investimentos e retorno das proposições apresentadas. A figura 27 mostra um exemplo de arquitetura de automação de parte de uma planta industrial petroquímica genérica.

Figura 27 – Exemplo de arquitetura de automação e uma planta



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Esta é uma pequena parte de uma arquitetura de automação de planta industrial petroquímica que mostra desde a interface de campo (sensores e atuadores) com o processo, até o nível de supervisão nas estações de operação, passando pelas estações de controle e demais sistemas de gestão da produção (*Manufacturing Execution System – MES*) e gestão empresarial (*Enterprise Resource Planning – ERP*), que utilizam informações do chão de fábrica, através do sistema de controle. O MES faz interface com as redes de automação, bem como com a rede corporativa, integrando as funcionalidades de Tecnologia de Automação (TA) e Tecnologia da Informação (TI).

5.2.2 Avaliação e diagnóstico dos processos e tecnologias dos sistemas existentes

Na avaliação e diagnóstico dos processos produtivos e sistemas de automação da planta, deverão ser utilizadas consultas à documentação de engenharia existente (arquitetura dos sistemas de automação, topologia de rede, especificação dos sistemas etc.), visitas para auditorias em campo, a fim de conhecer e avaliar os sistemas instalados, realizar entrevistas a

profissionais de engenharia de processo, operação tecnologia da informação, bem como, profissionais de engenharia e manutenção de instrumentação, elétrica, automação e mecânica. Também deverão ser realizados workshops colaborativos, onde participarão grupos de profissionais de diversas áreas que possam ter interfaces com a automação da planta. Estas avaliações serão conduzidas e realizadas, pela equipe de especialistas do fornecedor contratado para aplicar o modelo de metodologia e elaborar todo o PDAI.

As visitas à campo, ajudarão os avaliadores a ter uma visão mais realista e prática de como os sistemas estão sendo utilizados. Muitas vezes em uma dessas visitas, ao conversar com a equipe de chão de fábrica, se obtém informações importantes e vitais para compor o diagnóstico que formará o plano.

Tanto as entrevistas pessoais, quanto os workshops, serão realizados com o intuito de colher informações sobre o nível de excelência em que se encontra a automação da planta industrial em avaliação, bem como onde se deseja chegar, em um horizonte de até cinco anos. Esta visão de futuro, é uma informação que deverá ser validada com o líder de negócio, ou seja, o gestor líder da planta onde o PDAI está sendo desenvolvido, pois é uma visão estratégica e necessita do aval e comprometimento da liderança, para que este possa ir buscar os recursos necessários, junto a alta administração da empresa, que garantirá implantação das propostas de investimentos e atingir os objetivos esperados.

Para orientar este trabalho, a equipe de elaboração do PDAI deverá utilizar um questionário previamente elaborado, contendo: as diversas classes a serem avaliadas, as questões a serem respondidas para cada classe, bem como quatro opções de respostas, com nível de complexidade diferentes. Estas respostas são pré-formatadas para cada questão, a fim de padronizar a avaliação, sendo que, cada resposta possui um peso distinto, com adoção de uma faixa de valores que varia de 0 a 3 (zero a três). As respostas com valores menores, correspondem aos estágios iniciais do nível de excelência da automação e as respostas com maiores valores, correspondem aos estágios mais elevados do nível de excelência da automação. A Figura 28 mostra um modelo de parte do questionário aplicado no PDAI.

Figura 28 – Exemplo do questionário de avaliação do nível de excelência da automação

Classe:		Controle Automático	N.E.A	N.E.F
Tópico 1:		Modo de operação das malhas de controle.		
Alternativas	0	Um percentual de menos de 25% das malhas de controle operam em automático.		
	1	Um percentual entre 25% a 50% das malhas de controle operam em automático.		
	2	Um percentual entre 51% a 75% das malhas de controle operam em automático.		
	3	Um percentual entre 76% a 100% das malhas de controle operam em automático.		
NOTAS:				

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Neste exemplo de parte do questionário é mostrado o nome da classe a ser avaliada, o nome do tópico avaliado para a classe especificada e as quatro alternativas de respostas padronizadas. Para cada tópico deverá ser explicitada duas respostas: uma para o nível de excelência atual da automação da planta (N.E.A – Nível de Excelência Atual) e outra para o nível de excelência desejado para o futuro (N.E.F – Nível de Excelência Futuro). Estas respostas deverão ser registradas no campo específico (N.E.A e N.E.F), com o valor (0 a 3) correspondente a resposta escolhida. Além disto, é mostrado o valor geral do nível de excelência do tópico, que é o resultado da média aritmética simples das respostas individuais, expressa em porcentagem. Este valor de cada classe, posteriormente, será utilizado para expressar o perfil do nível de excelência de automação da planta. O campo de “NOTAS” é destinado para anotações de observações realizadas ao longo da avaliação, que complemente o entendimento das respostas apresentadas.

As classes propostas a serem avaliadas serão:

- Dispositivos de campo
- Interfaces de campos
- Sistemas de controle
- Controle automático (controle regulatório, sequenciamento e batelada)
- Controle regulatório avançado (ARC)
- Controle avançado de processos (APC)
- Otimização de processos
- Segurança funcional
- Monitoramento e gerenciamento de alarmes

- Sistema de gerenciamento de informações do processo (PIMS)
- Automação elétrica
- Infraestrutura de TA
- Segurança de TA
- Interfaces com TI
- Indústria 4.0

O resultado desta etapa deverá ser chancelado pelo gestor líder da unidade industrial, que não necessita participar de todas as reuniões, porém precisa validar o produto do trabalho realizado. Uma vez validado, segue-se em frente para as demais etapas. Caso haja necessidade de revisar algum item, cabe ao líder da equipe do PDAI compartilhar as alterações com os demais profissionais envolvidos no trabalho e consolidar a avaliação. O questionário completo para avaliação dos tópicos das quinze classes de recursos é apresentado no Apêndice – Modelo do questionário de avaliação.

5.2.3 Levantamento do ciclo de vida dos ativos de automação

Esta etapa poderá ser desenvolvida de forma simultânea ou seriada em relação às atividades de levantamento do nível de excelência da automação da unidade de produção. Assim, outros profissionais da equipe do fornecedor contratado para elaborar o PDAI, ou os mesmos integrantes que já vinham trabalhando nas etapas anteriores, poderão realizar o levantamento do ciclo de vida dos ativos de automação da planta.

As atividades desta etapa consistem em consultar os fabricantes dos sistemas de automação, *hardware* e *software*, seja diretamente com seus representantes ou através de seus respectivos *sites*, para obter o estágio atual em que cada ativo se encontra em relação ao seu ciclo de vida, desde o seu lançamento no mercado, bem como as perspectivas de obsolescência e retirada do catálogo de produtos.

A Tabela 2 mostra as definições das condições necessárias para classificar o estágio de cada ativo ao longo do seu ciclo de vida.

Tabela 2 - Definição do estágio do ciclo de vida dos ativos

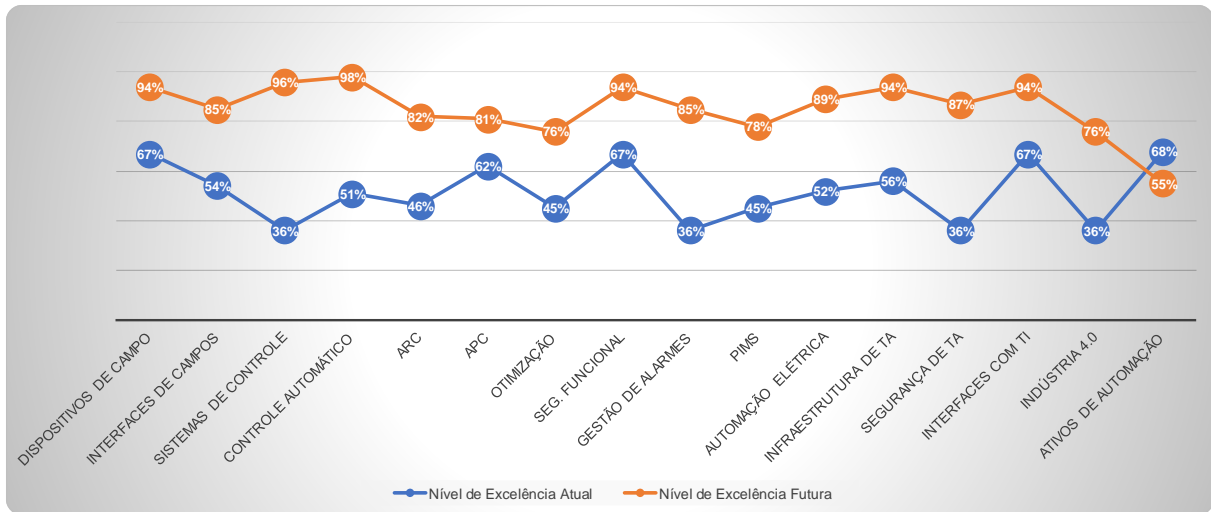
Estágio	Hardware	Software
Vigente	O produto está disponível para venda e fornecimento. É a oferta mais atual em uma linha de produto.	O produto está disponível para venda e fornecimento. É a oferta mais atual em uma linha de produto. Suporte para melhorias e correção de defeitos.
Maduro	O produto é totalmente suportado, mas existe um produto ou família mais recente.	O produto está disponível, porém existe um produto mais recente. Suporte apenas para correção de defeitos.
Obsoleto	O produto sai de linha, porém a sua venda ainda pode ser feita, a título de reposição, através do serviço autorizado. Neste estágio o produto ainda pode ser vendido como produto novo, mas ele não é mais comercializado ativamente ou seja, sai de catálogo. Suporte disponível.	O produto sai de linha, porém ainda pode ser vendido como produto novo, mas ele não é mais comercializado ativamente ou seja, sai de catálogo. Suporte apenas para correção de defeitos por prazo determinado.
Descontinuado	O produto não está mais disponível para fornecimento, seja projeto novo ou reposição, porém ainda pode ser fornecidos em casos específicos de reparo em garantia. Peças estão disponíveis por um prazo determinado. Suporte não é mais disponível.	O produto não está mais disponível para fornecimento e não possui mais suporte.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Este critério foi adotado por ser de fácil compreensão e aplicação, além de ser um padrão bem equivalente a outros adotados pelos fabricantes. O estágio atual e os estágios futuros deverão ser fornecidos pelos fabricantes dos produtos, pois somente eles possuem o domínio sobre o seu planejamento de ciclo de vida para cada item avaliado. Assim, cada sistema (hardware e/ou software) deverá ter o seu estágio atual e os estágios futuros classificados como vigente, maduro, obsoleto ou descontinuado, baseado nas características de cada estágio conforme indicado. Para cada estágio deverá ser indicada a previsão, ou confirmação, de quando ele começa e quando termina.

Existem fornecedores, cujo ciclo de vida total de seus equipamentos, foge a este critério, porém nestes casos, deverá ser realizada uma equivalência para cada estágio e trazer para o padrão adotado neste trabalho. Desta forma, todos os ativos de automação serão avaliados na mesma base, considerando todos os fabricantes de hardware ou software. Esta classificação é realizada para os principais ativos de automação existentes na unidade industrial, ou seja, aqueles de importância relevante para os sistemas de segurança, monitoramento e controle dos processos. A Figura 29 mostra o modelo do mapa de obsolescência dos ativos de automação.

Figura 30 – Perfil de excelência da automação da planta



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Esse gráfico mostra as quinze classes de recursos de automação a ser avaliadas, além do ciclo de vida dos ativos de automação. Pode-se observar que para todas as classes de recursos, a perspectiva futura do nível de excelência é superior a atual, pois busca-se elevar o nível para se buscar as metas de ganhos de eficiência através da automação. No entanto, para o ciclo de vida dos ativos, o resultado é inverso. Isto é devido ao fato dos ativos se tornarem obsoletos ao longo do tempo, devido à evolução tecnológica tanto para hardware como para softwares que formam os sistemas automatizados. Desta forma, na próxima etapa, competirá aos especialistas de automação propor um plano de atualização destes ativos, de maneira a mantê-los em um nível de excelência aceitável, para suportar às aplicações demandadas pelas ações propostas para cada classe de recursos avaliada.

5.3.2 Proposição das ações a serem implantadas

Em alinhamento com as metas estratégicas para a planta em avaliação, a equipe de especialistas de automação deverá, nesta etapa, propor ações para as classes que apresentaram diferenças entre o estágio atual e o estágio projetado para até cinco anos à frente, a fim de promover o avanço do nível de excelência das aplicações e sistemas de automação da planta. Estas ações devem contemplar desde melhorias ou implantação de novas rotinas de trabalho, até a adequação ou implementação de novos sistemas (hardwares e/ou softwares) automatizados para o processo.

Para cada classe deverão ser apresentadas propostas, levando em consideração as necessidades identificadas nas etapas anteriores, as solicitações e sugestões apresentadas ao longo do trabalho, as observações das visitas a campo, os produtos dos workshops, as prospecções de novas tecnologias e soluções disponíveis no mercado. Desta forma, deverão ser realizados estudos de viabilidade técnica para cada ação proposta, a fim de se avaliar a adequação da proposta com a realidade técnica da planta, bem como com a visão de futuro apresentada. Este estudo de viabilidade técnica deverá levar em consideração o que existe de mais moderno em termos de tecnologia de automação disponível no mercado.

Deverá ser elaborada uma relação contendo cada uma das classes avaliadas e as propostas dos especialistas, para cada uma destas classes, a fim de atingir os ganhos de eficiência almejados. Estas propostas serão avaliadas em termos de custos e benefícios na próxima etapa do PDAI.

Outra atividade que deverá ser desenvolvida nesta etapa é a proposição de atualização dos ativos de automação em função de sua obsolescência e da capacidade de atender às novas demandas dos recursos propostos. Para cada sistema que estiver no estágio que não seja vigente, dever-se-á desenvolver uma estratégia com planejamento para a sua atualização ao longo do tempo. Para os sistemas no estágio descontinuado, será necessário adotar uma estratégia de curto prazo, em função da falta de suporte e disponibilização do produto.

5.3.3 Estimativa de ganhos potenciais e custo dos investimentos

Como regra geral todas as ações propostas, para se atingir o nível de excelência desejado na automação da planta, deverão ter os seus custos de implantação estimados, bem como todos os ganhos potenciais esperados também deverão ser valorados. Desta forma, se obterão estimativas de valores monetários tanto para os custos, quanto para os benefícios, exceto para àquelas propostas que poderão ser implantadas utilizando-se recursos próprios existentes, ou seja, não necessitarão de investimentos para a sua implantação. Estas situações geralmente são rotinas de trabalhos, que necessitarão apenas de apresentação dos seus ganhos potenciais de eficiência, tanto em termos de processos de trabalho como em termos de processos de produção.

Para se estabelecer um critério de incerteza dos valores considerados tanto para os investimentos, quanto para os ganhos potenciais, será utilizado como referência a recomendação prática 17R97 – Sistema de Classificação de Estimativa de Custos, da *Association for the Advancement of Cost Engineering - AACE*, que traz diretrizes para a realização de estimativas de custos dos ativos de projetos (*AACE International*).

Na metodologia de desenvolvimento do PDAI proposta neste trabalho, será adotado que todas as estimativas de valores serão consideradas como Classe 5, que apresenta as seguintes características:

- Nível de maturidade dos produtos: definidos como variando de 0% a 2% das definições completas de cada proposta, ou seja, projeto executivo completado. Na classe 5 deste critério considera-se somente o conceito da proposta.
- Finalidade típica da estimativa: será adotado que é para análise de adequação ou análise de viabilidade.
- Método geralmente utilizado para estimativas: avaliação comparativa (benchmarking), julgamento, cotações superficiais junto a fornecedores ou dados históricos (banco de dados).
- Faixa de exatidão esperada: será adotada a faixa de +/- 50% de incerteza (percentual adotado para a metodologia proposta).
- Grau de esforço: baixo grau típico de esforço para elaboração das estimativas.

Diante do exposto, para cada ação proposta e que necessite de investimento, deverá ser apresentada uma planilha contendo a relação de ganhos potenciais e a estimativa de sua equivalência em termos de valores monetários, ou seja, o valor dos benefícios, bem como, o valor estimado para o investimento de sua implantação. A Figura 31 mostra o modelo da planilha de estimativas de ganhos e estimativa de investimentos para cada ação proposta, dentro das classes de recursos de automação avaliadas.

Figura 31 – Planilha de estimativa de ganhos e investimentos para as ações propostas

Classe	Ação proposta	Ganhos potenciais e valor estimado (R\$)	Estimativa de investimento (R\$)

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

5.3.4 Priorização das ações propostas

Nesta etapa deverão ser priorizadas as ações propostas para se reduzir as diferenças, entre o nível de excelência atual e futuro da automação da planta, levantados nas etapas anteriores, bem como atualizar tecnologicamente os ativos de automação da planta.

Para atender às demandas de evolução do nível de excelência da automação da unidade de produção, cada ação proposta deverá ser priorizada. Esta priorização servirá de base para o desdobramento das etapas posteriores de avaliação de ganhos potenciais e formação do portfólio de investimentos. A priorização das ações deverá estar alinhada com o objetivo de se obter ganhos de eficiência energética nos processos industriais da planta em avaliação, para que seus resultados sejam efetivos.

Neste processo de priorização deverá ser adotado o critério aqui proposto, que avalia seis fatores de influência e, de acordo com o resultado da interação destes fatores, a equipe do PDAI poderá priorizar as ações propostas. A Figura 32 mostra o modelo de planilha de avaliação pelos fatores de influência de cada ação proposta.

Figura 32 – Planilha de avaliação pelos fatores de influência

Proposta de Investimento	Custo	Desempenho	Tempo	Flexibilidade	Inovação	Disponibilidade	Resultado Avaliação

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Nesta planilha deverão ser listadas, na primeira coluna, todas as ações propostas para investimentos e nas seis próximas colunas à direita, deverão ser avaliados e pontuados os seguintes fatores relacionados a cada ação: custo, desempenho, tempo, flexibilidade, inovação e disponibilidade. Na coluna denominada de Resultado Avaliação, deverá constar o produto da pontuação (pesos) dos seis fatores avaliados, sendo que os critérios para avaliação destes fatores são mostrados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Critérios de avaliação dos fatores de influência

Peso	Custo	Desempenho	Tempo	Flexibilidade	Inovação	Disponibilidade
1	Elevado	Baixo	Longo	Baixa	Sem inovação	Sob encomenda
2	Aceitável	Médio	Aceitável	Aceitável	Pequena	Customizada
3	Baixo	Alto	Curto	Alta	Significativa	Disponível

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

A avaliação dos fatores de influência deverá seguir este critério, contendo os pesos (pontuação) e a graduação qualitativa para cada fator. Para melhor compreensão de cada um desses fatores avaliados, será apresentado, a seguir, uma breve definição de cada um deles.

- Custos - Os custos considerados devem ser os relacionados à implantação da solução proposta.
- Desempenho - É o potencial de retorno esperado, ou seja, é o benefício esperado para a solução proposta. Assim, para análise deste fator, os benefícios esperados deverão ser convertidos em valores monetários, para que seja possível ser comparado, quando necessário, com o seu custo de implantação.
- Tempo - Ao se analisar este fator, deverá ser considerado o tempo de retorno deste investimento. Para isto outros dois fatores devem ser considerados: o custo do investimento e a desempenho esperado para cada solução proposta (*Payback* simples).
- Flexibilidade - Para avaliar o fator flexibilidade, deverão ser considerados os aspectos de interoperabilidade, integração com soluções existentes, bem como, com novas soluções potenciais, além da disponibilidade de expansão e melhorias da solução.
- Inovação - O fator inovação deverá ser avaliada considerando o grau de novidade, aperfeiçoamento, renovação, visão de tecnologias emergentes, que a solução proposta venha a introduzir na planta.
- Disponibilidade – Deverá ser considerada para avaliar este fator, a disponibilidade da solução no mercado, ou seja, se é uma solução que necessita ser desenvolvida; se existe no mercado, mas precisa ser personalizada para ser aplicada na planta em avaliação ou se é uma solução totalmente disponível e adequada para a aplicação indicada.

Caso venha a existir resultados iguais e haja necessidade de se priorizar uma proposta em relação a outra, a equipe do PDAI pode adotar um critério qualquer, avaliando com maior peso algum fator que seja mais significativo para a empresa. No entanto, aqui será proposto um critério como alternativa. Este critério consiste em realizar a avaliação custo e benefício, ou seja, realizar a divisão do desempenho pelo custo, e a proposta que apresentar maior resultado, deve ser desconsiderada como melhor. Se após aplicar este critério, ainda for necessário um novo critério de desempate, dever-se-á considerar o investimento com menor tempo de retorno.

Todas as proposições para atualização dos equipamentos e sistemas de automação também deverão ser priorizadas, até mesmo para aqueles com status de descontinuados, pois pode-se chegar à conclusão de que um determinado equipamento ou sistema, mesmo descontinuado, não necessita ser atualizado de imediato, em função, por exemplo, da empresa possuir estoque de peças sobressalentes e pessoal capacitado que possam suportar o sistema por mais alguns anos. Para a priorização dos equipamentos e sistemas de automação o critério básico é o grau de obsolescência, ou seja, o equipamento ou sistema descontinuado tem prioridade sobre obsoleto, bem como o obsoleto tem prioridade sobre o equipamento ou sistema maduro, salvo alguma situação bem específica. A Figura 33 mostra o modelo do plano de atualização tecnológica dos ativos de automação.

Figura 33 - Plano de atualização tecnológica dos equipamentos e sistemas de automação

Equipamento / Sistema	Obsoleto (Ano)	Descontinuado (Ano)	Previsão de Atualização	Estimativa de Custo

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

No plano de atualização tecnológica dos equipamentos e sistemas de automação da planta industrial, deverá constar a identificação do ativo de automação, em que ano o ativo estará no estágio obsoleto, em qual ano o ativo estará no estágio descontinuado, a previsão do ano para a sua atualização e a estimativa de custo desta atualização.

5.4 FASE 4 – ENCERRAMENTO

Esta é a fase final do desenvolvimento do PDAI. Na qual serão organizados e consolidados os documentos produzidos até este estágio, incluindo a elaboração do portfólio de investimentos propostos, bem como a preparação e realização da apresentação do PDAI.

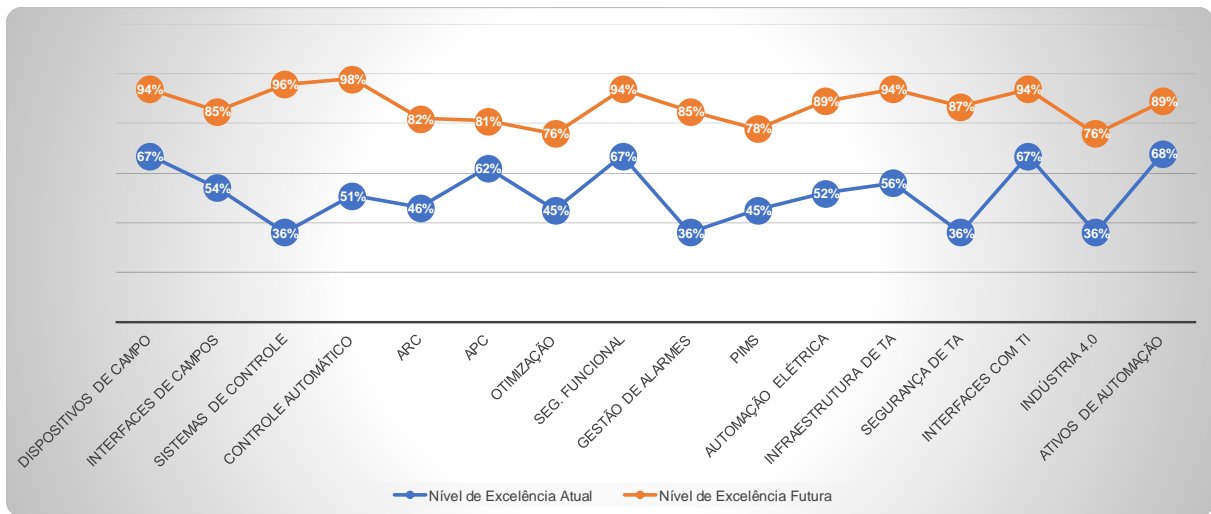
A Fase 4 será constituída por três etapas, a saber:

5.4.1 Consolidação da documentação do PDAI

Todos os documentos que serão desenvolvidos ao longo da elaboração do PDAI deverão ser consolidados nesta etapa, considerando a participação da equipe do PDAI formada por colaboradores da própria fábrica, a empresa especializada em automação, contratada para elaborar o PDAI, bem como o gestor da planta industrial em avaliação, para que se tenha os seguintes produtos prontos para serem apresentados.

- Arquitetura atualizada dos sistemas de automação;
- Questionário de avaliação do nível de excelência da automação devidamente respondido;
- Relação das principais deficiências identificadas por classe de recursos de automação;
- Relação das ações propostas priorizadas contendo suas estimativas de ganhos e custo de investimento;
- Plano de atualização tecnológica dos equipamentos e sistemas de automação, considerando as propostas para o período de cinco anos à frente, tomando como base o estágio de obsolescência de cada um;
- Perfil de excelência da automação da planta revisado, considerando as propostas de atualização dos equipamentos e sistemas de automação, conforme mostra a Figura 34.

Figura 34 – Perfil de excelência da automação da planta atualizado



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Neste gráfico do perfil de excelência de automação da planta está contemplada a previsão de atualização dos ativos de automação, tomando como base o plano de atualização dos equipamentos e sistemas de automação. Os demais dados foram obtidos do questionário de avaliação das classes de recursos.

5.4.2 Elaboração do plano de investimentos

Um dos principais produtos do PDAI é o plano plurianual de investimentos devidamente priorizados e distribuídos ao longo dos próximos cinco anos, a fim de eliminar as deficiências identificadas ao longo da avaliação e propiciar o alcance do objetivo maior, que é o ganho de eficiência energética nos processos produtivos. Assim, deverá ser consolidado o plano plurianual e o respectivo memorial descritivo com o conceito de cada investimento proposto. Logo, nesta etapa deverão ser produzidos os seguintes documentos.

- Plano plurianual das propostas de ações para investimentos prioritários distribuídos ao longo dos próximos cinco anos, com a finalidade de suprir as deficiências identificadas nas avaliações realizadas (questionário, entrevistas, workshops e auditorias);
- Memorial descritivo com o conceitual de cada proposta de investimento do plano plurianual.

5.4.3 Apresentação do PDAI

Após a consolidação de todo o trabalho, é fundamental que ocorra a apresentação formal do PDAI para o gestor da planta em avaliação, bem como para a direção da empresa. Esta apresentação deverá ser realizada pelo líder da equipe do PDAI, com suporte do líder da empresa de automação contratada. Deverá ser apresentada a equipe que trabalhou neste projeto, a empresa de automação, a metodologia, as deficiências encontradas, o plano plurianual de investimentos com as estimativas de ganhos e custos para cada proposta, bem como o plano de atualização dos equipamentos e sistemas de automação, contemplando o período de cinco anos à frente.

5.5 FASE 5 – CONTROLE

A fase de controle vem após a fase de encerramento, pois ela não faz parte do desenvolvimento do PDAI, mas sim é necessária para realizar o monitoramento e controle do desdobramento dele. Esta é uma fase fundamental para garantir a manutenção atualizada do plano e a sua implantação de forma a atender ao que se espera dele.

5.5.1 Estratégia de monitoramento e controle

O planejamento estratégico de uma organização deve ser revisado em um certo período, a fim de se verificar a sua aderência aos objetivos da organização, sendo que é recomendado que esta periodicidade seja no máximo anual, para planejamentos estratégicos elaborados com um horizonte de cinco anos ou mais (REZENDE, 2008). Desta forma, como o plano diretor de automação industrial é elaborado em alinhamento com as metas do planejamento estratégico, recomenda-se que o PDAI seja revisitado anualmente também, pela equipe interna que o elaborou, para que sejam verificados os seguintes pontos:

- Aderência ao planejamento estratégico da empresa;
- A aderência ao cronograma do plano plurianual de investimentos;
- O status de implantação, o escopo e o desenvolvimento das propostas de investimentos;
- Avaliação do grau de atualização tecnológica das soluções adotadas.

Na Figura 35 são mostradas as abordagens a serem adotadas para cada proposta de investimento, em função do seu status de implantação.

Figura 35 – Quadro das abordagens a serem adotadas em função do status do investimento

Status dos Investimentos	Abordagem
Investimentos concluídos.	<ul style="list-style-type: none"> • Deve-se adotar indicadores, com a finalidade de avaliar se o desempenho atingiu ou atingirá as metas estabelecidas. • Registrar as lições aprendidas.
Investimentos em implantação.	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a sua aderência às metas do planejamento estratégico. • Verificar a evolução do cronograma e se necessita alguma ação corretiva. • Avaliar a necessidade de revisão de escopo em relação à proposta inicial.
Investimentos a serem iniciados.	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a sua aderência às metas do planejamento estratégico. • Avaliar o grau de atualização tecnológica das soluções adotadas. • Verificar a necessidade de revisão do escopo e/ou do cronograma de implantação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Este quadro mostra de forma mais específica as abordagens que a equipe do PDAI deve adotar ao realizar a reavaliação anual do plano diretor. Em função do status em que se encontra cada investimento, são adotadas abordagens diferentes. Desta forma, são monitoradas, avaliadas e controladas cada uma das propostas do portfólio de projetos, a fim de garantir, ao longo dos anos, a sua aderência ao planejamento estratégico da organização, a evolução da implantação de cada investimento, o nível de atualização tecnológica de cada ação proposta, além de aproveitar as lições aprendidas em cada projeto, para utilizar em outros ainda em implantação ou a serem iniciados.

Ao final do ciclo completo do PDAI, definido inicialmente para o período de cinco anos, ou quando forem implantadas todas as ações de investimentos previstas, o líder da planta, em alinhamento com a direção da organização, poderá definir o melhor momento para realizar um novo plano diretor de automação para a planta em referência.

6 CONCLUSÃO

Ao longo da exposição deste trabalho foi possível observar o potencial de ganhos de eficiência energética que existem na indústria petroquímica, por ser um segmento industrial com altíssimo grau de consumo de energia. Também foi evidenciado os ganhos de eficiência que a aplicação de soluções de automação industrial pode proporcionar a um processo industrial. Desta forma, ao se combinar as necessidades da petroquímica com os recursos disponibilizados pela automação industrial, pode-se verificar que existem grandes probabilidades de sucesso para os resultados almejados.

No entanto, a aplicação da tecnologia da automação requer seleção adequada de seus recursos, para que se possa obter os resultados almejados. Assim, para avaliar e comparar possibilidades de aplicação de recursos da automação, deve-se considerar diversos critérios, que requer metodologias adequadas e expertise na área. O Plano Diretor de Automação Industrial (PDAI) é uma dessas metodologias para se elencar e selecionar recurso de automação industrial a serem implementadas em plantas industriais. Porém, a grande deficiência é a falta de um modelo padronizado que possa avaliar o nível em que se encontra a automação das plantas, bem como o nível de excelência onde se deseja chegar, a fim de propor soluções que venham a propiciar o sucesso dos investimentos e a obtenção dos resultados esperados.

O modelo de PDAI apresentado neste trabalho propõe preencher esta lacuna e deixar como contribuição uma metodologia estruturada e padronizada que possibilite avaliar as plantas petroquímicas quanto ao seu nível de excelência em automação e propor soluções efetivas que possam conduzir a ganhos de eficiência energética, através da tecnologia de automação.

REFERÊNCIAS

- AACE INTERNATIONAL. **Prática Recomendada nº 17R-97 Sistema de Classificação para Estimativas de Custo**. Morgantown, 2011.
- ABB. **Safer, greener and more productive with AC500-S safety PLC**. Disponível em: <https://new.abb.com/plc/top-stories/expert/safer-greener-and-more-productive-with-ac500-s-safety-plc>. Acesso em: 10 set.2020.
- ABIQUIM-DELOITTE. **A different future is possible: Perspectives for the chemical industry in Brazil**. Deloitte, 2018. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/energy-resources/Deloitte-Abiquim-Chemical-Sector.pdf>. Acesso em: 14 set.2020.
- ALTUS. Curso de Introdução à Automação - Aula 01. Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/100/curso-de-introducao-a-automacao--5Baula-01-5D>. Acesso em: 25 jan. 2020.
- BASU, S.; DEBNATH, A.K. **Power Plant Instrumentation and Control Handbook**. a guide to thermal power plants. 2. ed. Cambridge: Academic Press, 2019. 1152p.
- BOLTON. W. **Instrumentation and Control System**. 2. ed. Oxford: Newnes, 2015. 360p.
- BONILLA-CAMPO, I.; NIETO, N.; PORTILLO-VALDES, L.; MANZANEDO, J.; GAZTAÑAGA, H. Energy efficiency optimization in industrial processes: Integral decision support tool. **Energy**, Aalborg, v.191, 15 jan.2020.
- BONVIN, D.; FRAÇOIS, G. Control and Optimization of Batch Chemical Processes. In: _____. **Coulson and Richardson's Chemical Engineering**. 4.ed. Oxônia: Butterworth-Heinemann, 2017. Chap. 11. p.441-503.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**: abril de 2020. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020.
- BURGGRAF, P.; WAGNER, J.; DANNAPFEL, M.; FLUCHSC, S.; MULLER, K.; KOKE, B. Automation decisions in flow-line assembly systems based on a cost-benefit analysis. **Procedia CIRP**. Copenhagen, v.81, p.529-534, 2019.
- BURGGRAF, P.; WAGNER, J.; DANNAPFEL, M.; FLUCHSC, S.; MULLER, K.; KOKE, B. Survey based dataset on automation decisions for assembly systems in Germany. **Data in Brief**, Massachusetts, v.31, ago. 2020.
- COSTA, N. P. **Glossário do Empreendedor. Uma Coletânea de Conceitos do Mundo Corporativo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2019. 384p.
- CSA - CYBER SECURITY AGENCY OF SINGAPORE. **Singapore's Operational Technology Cybersecurity Masterplan 2019**. Disponível em: www.csa.gov.sg. Acesso em: 20 abr.2020 às 18h20.

DAMNJANOVIC, I.; ROED, W. Risk management in operations of petrochemical plants: Can better planning prevent major accidents and save money at the same time? **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, Halifax, v.44, p.223-231, nov.2016.

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. **Sistemas de Controle Modernos**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Ltda, 2015. 838p.

EMERSON AUTOMATION. **Rosemount 214C Sensor de temperatura RTD**. Disponível em: <https://www.emerson.com/pt-br/catalog/automation-solutions-6/measurement-instrumentation-6/temperature-sensors-6/rosemount-214c-rtd-temperature-sensor-pt-br?fetchFacets=true#facet:&facetLimit:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:list&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&>. Acesso em: 16 jun. 2020.

ENGPROCESS. **Entenda agora 4 vantagens do sistema SCADA**. Disponível em: <https://engprocess.com.br/sistema-scada/>. Acesso em: 11 set. 2020.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA EMERGÉTICA. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**: demanda de eletricidade. Rio de Janeiro: EPE, 2020.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA EMERGÉTICA. **Panorama do Refino e da Petroquímica no Brasil**: Nota Técnica DPG-SPT N° 04/2018. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

ERICSON, C. **The Path to (Energy) Recovery**: Reduce Waste to Boost the Bottom Line. Disponível em: <https://www.emerson.com/topquartile.com/z-featureditems/right-1/the-path-to-energy-recovery-reduce-waste-to-boost-the-bottom-line>. Acesso em: 23 fev.2020.

ERICSON, C. **Top Quartile Energy Efficiency**: design it in from the start. Disponível em: <https://www.emerson.com/topquartile.com/z-featureditems/right-1/top-quartile-energy-efficiency-design-it-in-from-the-start>. Acesso em: 23 fev. 2020.

FREIRE, V. R. (ed.). Eficiência energética é realidade na indústria. **Controle & Instrumentação**, São Paulo, n.247, p.40-50, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2019. 248p.

HAIDEKKER, M. A. **Linear Feedback Controls: The Essentials**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 2020. 398p.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e Meio Ambiente**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017. 784p.

HONG, W.; YING, L. Y. Application of intelligent control in industrial process control automation. **Journal of Physics: Conference Series**, Bristol, v.1617, 2020.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy efficiency**. Disponível em: <https://www.iea.org/topics/energy-efficiency>. Acesso em: 10 mar. 2020.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Oil 2019: Analysis and forecast to 2024**. Paris: IEA Publications, 2019.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Statistics report: Oil Information: Overview**. Paris: IEA Publications, 2020. 33p.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **The Future of Petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers**. 6. ed. Paris: IEA Publications, 2018. 130p.

IKUMAPAYI, O. M.; AKINLABI, E. T.; ONU, P.; AKINLABI, S. A.; AGARANA, M. C. A Generalized Model for Automation Cost Estimating Systems (ACES) for Sustainable Manufacturing. **Journal of Physics: Conference Series**, Bristol, v.1378, 18 dec.2019.

IRELAND, R. D.; HOSKISSON, R.E.; HITT, M. A. **Administração Estratégica**. 3. ed. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2017. 488p.

JOHNSON, D. Weathering the Perfect Storm. **World Water Magazine**, Alexandria, p.16-17, jan.-fev. 2012.

KAMPEERAWIPAKORN, O.; NAVASUMRIT, P.; SETTACHAN, D.; PROMVIJIT, J.; HUNSONTI, P.; PARNLOB, V.; NAKNGAM, N.; CHOONVISASE, S.; CHOTIKAPUKANA, P.; CHANCHAEAMSAI, S.; RUCHIRAWAT, M. Health risk evaluation in a population exposed to chemical releases from a petrochemical complex in Thailand. **Environmental Research**, Bangkok, v.152, p.207-213, jan.2017.

KORNER, M. F.; BAUER, D., KELLER, R.; ROSCHE, M.; SCHLERETH, A.; SIMON, P.; et al. Extending the Automation Pyramid for Industrial Demand Response. **Procedia CIRP**, Liubliana, v.81, p. 998-1003, 2019.

LEVENSON, R. M.; NELSON, Z. E.; ADEGBEGE, A. A. Programmable Logic Controller for Embedded Implementation of Input-Constrained Systems. **IFAC-PapersOnLine**, Madrid, v.50, p. 14412-14417, jul.2017.

LI, D. Perspective for smart factory in petrochemical industry. **Computers & Chemical Engineering**, College Station, v.91, p.136-148, 4 ago. 2016.

LI, D.; JIANG, B.; SUO, H.; GUO, Y. Overview of Smart Factory Studies in Petrochemical Industry. **Computer Aided Chemical Engineering**, Beijing, v.37, p.71-76, 2015.

LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, Manchester, v.6, p.1-10, jun.2017.

MARSHALL, T. J.; BRADY, Y. A. Chapter 30 - Process Control and Automation Solutions. *In: JAGSCHIES, G.; LINDSKOD, E.; LACKI, K.; GALLIHER, P. **Biopharmaceutical Processing. Development, Design, and Implementation of Manufacturing Processes***. Amsterdam: Elsevier Ltd, 2018. p.579-621.

MEHTA, B. R.; REDDY, Y. J. **Industrial Process Automation Systems: Design and Implementation**. 1. ed. Oxônia: Butterworth-Heinemann, 2015. p.668.

MULLER, C. J.; CRAIG, I. K. Energy reduction for a dual circuit cooling water system using advanced regulatory control. **Applied Energy**, Västerås, v.171, p.287-295, 2016.

MUNIRATHINAM, S. Chapter Six - Industry 4.0: Industrial Internet of Things (IIOT). **Advances in Computers**, Manassas, v.117, p.129-164, 2020.

NEB, A.; REMLING, D. Quantification and Evaluation of Automation Concepts based on a Multi-Criteria Decision Analysis. **Procedia CIRP**, Copenhagen, v.84, p.624-629, 2019.

NOLAN, D. P. **Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities**. 4. ed. Houston: Gulf Professional Publishing, 2019. 522p.

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento estratégico: conceitos – metodologia – práticas**. 34. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2018. 388p.

PANCHAL, P.; MAHESURIA, G.; PANCHAL, R.; PATEL, R.; SONARA, D.; PITRODA, D.; NIMAVAT, H.; TANNA, V.; PRADHAN, S. Upgradation in SCADA and PLC of existing LN2 control system for SST-1. **Fusion Engineering and Design**, Bhat, v.112, p. 883-887, nov.2016.

PRASNOWO, M. A.; PURWANTO, R.; SUGIARTO, A.; ROMADHON, A. H.; ROKHMAWAN, T.; AULIA, V.; et al. Designing odoo's enterprise resource planning (ERP) in micro, small and medium enterprises (MSMEs). **Journal of Physics: Conference Series, 1st International Conference on Advance and Scientific Innovation**, Medan, v.1175, 2019.

REZENDE, D. A. **Planejamento Estratégico para Organizações Privadas e Públicas: Guia prático para elaboração do plano de negócios**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 2008. 137p.

SAMSON GROUP. **Valves**. Disponível em: <https://www.samsongroup.com/en/products-applications/product-selector/valves/3321-pneumatic-ansi>. Acesso em: 11 set. 2020.

SCHEIFLER, T.; FAIZ, E. B.; LUDWIG, J. P.; DREGER, A. A. Automação como meio para aumento de produtividade e competitividade – estudo de caso. **Revista Espacios**, Taquara, v.37, n.28, p.18, 2016.

SEIXAS FILHO, C. Muito além da sala de controle - Constantino Seixas Filho. **SIMEAS**, São Paulo, v.2, n.24, 2006.

SHARMA, K. L. S. **Overview of Industrial Process Automation**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 2017. 492p.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2006. 419p.

SHINKEVICH, A. I.; BARSEGYAN, N. V.; DYRDONOVA, A. N.; FOMIN, N. Y. Key directions of automation of petrochemical production. **Journal of Physics: Conference Series**, Bristol, v.1515, 2020.

STOUFFER, K.; PILLITTERI, V.; LIGHTMAN, S.; ABRAMS, M.; HAHN, A. **Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security. NIST Special Publication 800-82.** 2. ed. Gaithersburg. NIST, 2015. 247p.

TECHPLUS Automação. **Técnicas de Controle Avançado.** Disponível em: <https://www.techplus.com.br/tecnicas-controle-avancado/>. Acesso em: 16 maio 2020.

VENKATESWARLU, C.; JUJJAVARAPU. S E. Basic features and concepts of optimization. *In: _____.* **Stochastic Global Optimization Methods and Applications to Chemical, Biochemical, Pharmaceutical and Environmental Processes.** 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2020. Chap. 1, p.1-25.

VIANA, F. L. E. Indústria Petroquímica. **Caderno Setorial ETENE, Banco do Nordeste,** ano 4, n. 98, out.2019.

APÊNDICE A – MODELO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Classe:		Dispositivos de campo	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Tipo dos dispositivos de campo.				
Alternativas	0	Predominam os dispositivos tipo sensores e atuadores discretos.		
	1	Existência de instrumentação de processo e dispositivos discretos.		
	2	Predominância da instrumentação de processo e alguns dispositivos discretos.		
	3	Predominância de instrumentação de processo, com analisadores on-line e alguns dispositivos discretos.		
NOTAS:				
Tópico 2: Natureza da instrumentação de campo.				
Alternativas	0	Predominância de dispositivos eletrônicos analógicos e existência de dispositivos pneumáticos.		
	1	Predominância de dispositivos eletrônicos analógicos.		
	2	Coexistência de dispositivos eletrônicos analógicos e digitais microprocessados.		
	3	Predominância de dispositivos digitais microprocessados.		
NOTAS:				
Tópico 3: Analisadores on-line.				
Alternativas	0	Aplicação incipiente de analisadores on-line.		
	1	Apenas analisadores básicos: pH, condutividade, redox, cloro, O ₂ etc.		
	2	Analisadores básicos mais cromatógrafos.		
	3	Analisadores básicos, cromatógrafos e outros analisadores específicos/especiais.		
NOTAS:				
Tópico 4: Monitoramento on-line.				
Alternativas	0	Sem monitoramento on-line para os equipamentos de processo.		
	1	Existência de monitoramento on-line apenas de temperatura de mancais.		
	2	Existência de monitoramento on-line para temperatura de mancais e vibração.		
	3	Existência de monitoramento remoto para diversos parâmetros dos equipamentos de processo.		
NOTAS:				
Tópico 5: Sistema de Gerenciamento de Ativos.				
Alternativas	0	Inexistência de sistema de gerenciamento de ativos.		
	1	Sistema de gerenciamento de ativos apenas para a instrumentação.		
	2	Sistema de gerenciamento de ativos para instrumentação e equipamento rotativos.		
	3	Sistema de gerenciamento de ativos para uma grande variedade equipamentos de processo e instrumentação.		
NOTAS:				
Tópico 6: Suporte do Sistema de Gerenciamento de Ativos.				
Alternativas	0	Inexistência de suporte do sistema de gerenciamento de ativos.		
	1	Existência de suporte apenas para correção de falhas.		
	2	Existência de suporte para atualização e correção de falhas.		
	3	Existência de suporte para melhorias, atualização e correção de falhas.		
NOTAS:				

Classe:		Interfaces de campo	N.E.A	N.E.F
Tópico 1:		Padrão de comunicação dos dispositivos de campo.		
Alternativas	0	Predominância do padrão de comunicação de sinal elétrico de 4 a 20 mA com alguns sinais pneumáticos.		
	1	Predominância do padrão de comunicação de sinal elétrico de 4 a 20 mA.		
	2	Predominância do padrão de comunicação de sinal de 4 a 20 mA + Hart.		
	3	Predominância do padrão de comunicação Hart, Profibus PA ou Foundation Fielbus.		
NOTAS:				
Tópico 2:		Comunicação com analisadores on-line.		
Alternativas	0	Predominância do padrão de comunicação de sinal elétrico de 4 a 20 mA.		
	1	Predominância do padrão de comunicação de sinal de 4 a 20 mA + Hart.		
	2	Predominância do padrão de comunicação Hart, Profibus PA ou Foundation Fielbus.		
	3	Existência dos padrões do item anterior mais outros padrões como Modbus, Profibus DP etc		
NOTAS:				
Tópico 3:		Comunicação Wireless.		
Alternativas	0	Existência de alguns dispositivos wireless, porém sem um padronização definida.		
	1	Existência de alguns dispositivos wireless com padronização definida.		
	2	Existência de diversos dispositivos wireless padronizados, porém sem uma infraestrutura projetada e instalada para este fim em toda a planta.		
	3	Existência de uma rede de dispositivos wireless padronizados, com uma infraestrutura projetada e instalada para este fim em toda a planta.		
NOTAS:				

Classe:		Sistema de Monitoramento e Controle	N.E.A	N.E.F
Tópico 1:		Tipo dos Sistemas de monitoramento e controle.		
Alternativas	0	Utilização de painel de controle com dispositivos isolados (single ou multiloop).		
	1	Utilização de CLP e interfaces homem-máquina distribuídas em campo.		
	2	Utilização de sistema SCADA com operação centralizada.		
	3	Utilização de SDCD como sistema principal mais uso de CLP como sistema auxiliar.		
NOTAS:				
Tópico 2:		Existência de suporte para o sistema de monitoramento e controle.		
Alternativas	0	Sem suporte para o sistema de monitoramento e controle.		
	1	Suporte para manutenção sob demanda.		
	2	Suporte para manutenção e melhorias do sistema de alguns sistemas.		
	3	Suporte para manutenção e melhorias do sistema de todos os sistemas.		
NOTAS:				
Tópico 3:		Tipos de suporte para o sistema.		
Alternativas	0	Prioridade da manutenção corretiva do sistema.		
	1	Prioridade para manutenção preventiva do sistema.		
	2	Prioridade para a manutenção preventiva e gestão de sobressalentes e ciclo de vida.		
	3	Gestão total da manutenção do sistema: corretiva, preventiva, gestão de sobressalentes e ciclo de vida.		
NOTAS:				
Tópico 4:		Extensão do suporte para o sistema.		
Alternativas	0	Apenas suporte local / presencial em horário administrativo.		
	1	Suporte local / presencial 24 x 7.		
	2	Monitoramento remoto do sistema 24 x 7 mais suporte presencial.		
	3	Monitoramento remoto do sistema 24 x 7, acesso remoto mais suporte presencial.		
NOTAS:				

Classe:		Controle Automático	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Modo de operação das malhas de controle.				
Alternativas	0	Um percentual de menos de 25% das malhas de controle operam em automático.		
	1	Um percentual entre 25% a 50% das malhas de controle operam em automático.		
	2	Um percentual entre 51% a 75% das malhas de controle operam em automático.		
	3	Um percentual entre 76% a 100% das malhas de controle operam em automático.		
NOTAS:				
Tópico 2: Melhorias do controle regulatório.				
Alternativas	0	Sem processo estruturado para tratar as melhorias das malhas de controle.		
	1	Existência de processo estruturado para tratar as melhorias das malhas de controle.		
	2	Existência de processo estruturado para tratar as melhorias com uso de ferramentas off-line para analisar e avaliar as malhas de controle .		
	3	Existência de processo estruturado para tratar as melhorias com uso de ferramentas on-line para analisar e avaliar as malhas de controle.		
NOTAS:				
Tópico 3: Modo do controle sequencial.				
Alternativas	0	Controle sequencial totalmente manual.		
	1	Controle sequencial realizado em CLP ou SDCD apenas para processos de baixa complexidade.		
	2	Controle sequencial realizado em CLP ou SDCD apenas para processos de média complexidade utilizando SFC.		
	3	Controle sequencial realizado em CLP ou SDCD apenas para processos de alta complexidade utilizando SFC ou software especialista.		
NOTAS:				
Tópico 4: Melhorias no controle sequencial.				
Alternativas	0	Sem processo estruturado para tratar as melhorias do controle sequencial.		
	1	Processo estruturado para tratar as melhorias do controle sequencial.		
	2	Processo estruturado para tratar as melhorias com uso de ferramentas off-line para analisar e avaliar o controle sequencial.		
	3	Processo estruturado para tratar as melhorias com uso de ferramentas on-line para analisar e avaliar o controle sequencial.		
NOTAS:				
Tópico 5: Controle de batelada.				
Alternativas	0	Controle de batelada totalmente manual.		
	1	Controle de batelada parcialmente automatizada.		
	2	Controle de batelada automatizado, porém não utiliza integralmente a norma ISA-S88.		
	3	Controle de batelada automatizado e utiliza integralmente a norma ISA-S89.		
NOTAS:				
Tópico 6: Nível de automação do controle de batelada.				
Alternativas	0	Existência do controle de batelada com menos de 25% das receitas automatizadas.		
	1	Existência do controle de batelada com receitas automatizadas entre 26% e 50%.		
	2	Existência do controle de batelada com receitas automatizadas entre 51% e 75%.		
	3	Existência do controle de batelada com receitas automatizadas acima de 75%.		
NOTAS:				

Classe:	Controle Automático	N.E.A	N.E.F

Tópico 7:		Melhoria do controle de batelada.	
Alternativas	0	Sem processo estruturado para tratar as melhorias do controle de batelada.	
	1	Existência de processo estruturado para tratar as melhorias do controle de batelada.	
	2	Existência de processo estruturado para tratar as melhorias com uso de ferramentas off-line para analisar e avaliar o controle de batelada.	
	3	Existência de processo estruturado para tratar as melhorias com uso de ferramentas on-line para analisar e avaliar o controle de batelada.	
NOTAS:			

Tópico 8:		Manutenção dos softwares do controle automático.	
Alternativas	0	Sem suporte para os softwares do controle automático.	
	1	Suporte para manutenção sob demanda.	
	2	Suporte para correção de defeitos e atualizações dos softwares.	
	3	Suporte para correção de defeitos, atualizações e melhorias na aplicação dos softwares.	
NOTAS:			

Classe:		Controle Avançado de Processos	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Aplicação de APC aos processos produtivos.				
Alternativas	0	APC não aplicado a nenhum processo.		
	1	Apenas estratégias ARC são aplicadas aos processos.		
	2	APC utilizando SDCD ou sistemas dedicados aplicado a estratégias simplificadas.		
	3	APC utilizando SDCD ou sistemas dedicados aplicado a estratégias complexas.		
NOTAS:				
Tópico 2: Identificação de aplicação de APC				
Alternativas	0	Inexistência de processo estruturado para identificação de aplicação de APC para os principais processos produtivos.		
	1	Existência de processo estruturado para identificação de aplicação de APC para os principais processos produtivos no SDCD.		
	2	Existência de processo estruturado para identificação de aplicação de APC para os principais processos produtivos no SDCD ou em sistemas dedicados.		
	3	Existência de processo estruturado para identificação de aplicação de APC para os principais processos produtivos no SDCD, ou em sistemas dedicados, bem como em processos secundários.		
NOTAS:				
Tópico 3: Suporte ao APC.				
Alternativas	0	Sem suporte para os softwares do APC.		
	1	Suporte para correção de defeitos e manutenção sob demanda.		
	2	Suporte para correção de defeitos, manutenção e atualizações dos softwares.		
	3	Suporte para correção de defeitos, manutenção, atualizações e melhorias nas aplicações.		
NOTAS:				
Tópico 4: Processo de trabalho para melhorias e sustentação de desempenho do APC				
Alternativas	0	Sem ações para implantação de melhorias e sustentação do desempenho do APC.		
	1	Processo de trabalho incipiente para implantação de melhorias e sustentação do desempenho do APC.		
	2	Processo de trabalho estruturado para implantação de melhorias e sustentação do desempenho do APC.		
	3	Processo de trabalho estruturado para implantação de melhorias e sustentação do desempenho do APC e adoção de indicadores de desempenho.		
NOTAS:				
Tópico 5: Disponibilidade do APC - I				
Alternativas	0	Menos de 25% das aplicações de APC estão continuamente operacionais .		
	1	APCs permanecem ativos em um total de 25% a 50% das aplicações.		
	2	APCs permanecem ativos em um total de 51% a 75% das aplicações.		
	3	APCs permanecem ativos em um total de mais de 75% das aplicações.		
NOTAS:				

Classe:	Controle Avançado de Processos	N.E.A	N.E.F

Tópico 6:		Disponibilidade do APC - II	
Alternativas	0	Os APCs ativos permanecem operacionais por até 25% do tempo.	
	1	Os APCs ativos permanecem operacionais por um período entre 26% e 50% do tempo.	
	2	Os APCs ativos permanecem operacionais por um período entre 51% e 75% do tempo.	
	3	Os APCs ativos permaneces operacionais por mais de 75% do tempo.	
NOTAS:			

Tópico 7:		Desempenho do APC	
Alternativas	0	Até 25% dos APCs apresentam os resultados esperados.	
	1	De 26% a 50% dos APCs apresentam os resultados esperados.	
	2	De 51% a 75% dos APCs apresentam os resultados esperados.	
	3	Mais de 75% dos APCs apresentam os resultados esperados.	
NOTAS:			

Classe:	Otimização de Processos		N.E.A	N.E.F
Tópico 1:	Aplicação de otimização aos processos produtivos da planta.			
Alternativas	0	Inexistência de aplicações de otimização nesta camada.		
	1	Aplicação de otimização para alguns processos principais da planta.		
	2	Aplicação de otimização para todos os processos principais da planta.		
	3	Aplicação de otimização para todos os processos principais da planta e utilidades.		
NOTAS:				
Tópico 2:	Aplicação de otimização aos processos produtivos do site.			
Alternativas	0	Inexistência de aplicações de otimização nesta camada.		
	1	Aplicação de otimização para o site sem a utilização de tecnologias e ferramentas informatizadas dedicadas a este fim.		
	2	Aplicação de otimização para o site utilizando tecnologias e ferramentas informatizadas dedicadas, porém de forma incipiente.		
	3	Aplicação de otimização para o site utilizando tecnologias e ferramentas informatizadas consolidadas.		
NOTAS:				
Tópico 3:	Tecnologia das aplicações de otimização			
Alternativas	0	Sem aplicações de otimização em tempo real (RTO).		
	1	Até 20% das aplicações de otimização são em tempo real (RTO).		
	2	De 21 a 50% das aplicações de otimização são em tempo real (RTO).		
	3	Mais de 50% das aplicações de otimização são em tempo real (RTO).		
NOTAS:				
Tópico 4:	Suporte para aplicação de otimização.			
Alternativas	0	Sem suporte para as aplicações de otimização.		
	1	Suporte para correção de defeitos e manutenção sob demanda.		
	2	Suporte para manutenção, correção de defeitos e atualizações dos softwares.		
	3	Suporte para manutenção, correção de defeitos, atualizações e melhorias das aplicações.		
NOTAS:				
Tópico 5:	Processo de trabalho para melhorias e sustentação de desempenho das aplicações de otimização			
Alternativas	0	Sem ações para implantação de melhorias e sustentação do desempenho da aplicação de otimização.		
	1	Processo de trabalho incipiente para implantação de melhorias e sustentação de desempenho da aplicação de otimização.		
	2	Processo de trabalho estruturado para implantação de melhorias e sustentação de desempenho da aplicação de otimização.		
	3	Processo de trabalho estruturado para implantação de melhorias e sustentação de desempenho da aplicação de otimização e adoção de indicadores de desempenho.		
NOTAS:				

Classe:	Otimização de Processos	N.E.A	N.E.F

Tópico 6:		Disponibilidade da aplicação de otimização - I	
Alternativas	0	Menos de 25% das aplicações de otimização estão continuamente operacionais .	
	1	25% a 50% das aplicações de otimização permanecem ativas.	
	2	51% a 75% das aplicações de otimização permanecem ativas.	
	3	Mais de 75% das aplicações de otimização permanecem ativas.	
NOTAS:			

Tópico 7:		Disponibilidade da aplicação de otimização - II	
Alternativas	0	As aplicações ativas de otimização permanecem operacionais por até 25% do tempo.	
	1	As aplicações ativas de otimização permanecem operacionais por um período entre 26% e 50% do tempo.	
	2	As aplicações ativas de otimização permanecem operacionais por um período entre 51% e 75% do tempo.	
	3	As aplicações ativas de otimização permaneces operacionais por mais de 75% do tempo.	
NOTAS:			

Tópico 8:		Desempenho da otimização	
Alternativas	0	Até 25% das aplicações de otimização apresentam os resultados esperados.	
	1	De 26% a 50% das aplicações de otimização apresentam os resultados esperados.	
	2	De 51% a 75% das aplicações de otimização apresentam os resultados esperados.	
	3	Mais de 75% das aplicações de otimização apresentam os resultados esperados.	
NOTAS:			

Classe:		Segurança Funcional	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Aplicação do SIS (Sistema Instrumentado de Segurança)				
Alternativas	0	Inexistência de sistema instrumentado de segurança (SIS) ou esta função é desempenhada pelo sistema de controle.		
	1	Sistema instrumentado de segurança (SIS) baseado em relés.		
	2	Sistema instrumentado de segurança baseado em PLC dedicado para este fim, porém sem determinação do nível de SIL requerido.		
	3	Sistema instrumentado de segurança baseadas em PLC dedicado para este fim, com SIL definido para cada função e instrumentação de campo adequada ao nível de SIL requerido.		
NOTAS:				
Tópico 2: Ciclo de vida da segurança funcional				
Alternativas	0	Inexistências de um sistema de gerenciamento de segurança de processo.		
	1	Procedimento bem definido para testes do SIS após manutenção com garantia que o mesmo retorne ao seu estado de operação normal após uma manutenção.		
	2	Procedimento bem definido para testes do SIS após manutenção com garantia que o mesmo retorne ao seu estado de operação normal após uma manutenção, bem como para gerenciamento de modificações, garantindo o seu cumprimento para qualquer modificação no sistema.		
	3	Procedimento rigoroso para realização de testes em cada fase do SIS (projeto, instalação, operação, modificação e manutenção) em conformidade com os requisitos, procedimentos e padrões de segurança.		
NOTAS:				
Tópico 3: Teste das FIS (Função Instrumentada de Segurança)				
Alternativas	0	Inexistência de plano de teste definido de acordo com a periodicidade determinada no projeto.		
	1	No máximo 50% das FIS testadas de acordo com a periodicidade definida no plano de testes do projeto.		
	2	No máximo 75% das FIS testadas de acordo com a periodicidade definida no plano de testes do projeto.		
	3	100% das FIS testadas de acordo com a periodicidade definida no plano de testes do projeto.		
NOTAS:				
Tópico 4: Análise de risco (HAZOP, WHAT IF, LOPA)				
Alternativas	0	Inexistência de análise de risco da planta.		
	1	Realização de análise de risco, porém sem determinação do SIL requerido pelas FISs.		
	2	Realização de análise de risco, com determinação do SIL requerido para o máximo de 60% das FISs.		
	3	Realização de análise de risco, com determinação do SIL requerido para mais de 90% das FISs.		
NOTAS:				

Classe:	Segurança Funcional	N.E.A	N.E.F

Tópico 5:		Tipo de suporte para o SIS.	
Alternativas	0	Inexistência de contratos para suporte e manutenção.	
	1	Prioridade para manutenção corretiva.	
	2	Prioridade para a manutenção corretiva e preventiva.	
	3	Gestão total da manutenção do sistema: corretiva, preventiva, preditiva, gestão de sobressalentes e ciclo de vida.	
NOTAS:			

Tópico 6:		Extensão do suporte para o SIS.	
Alternativas	0	Apenas suporte local / presencial em horário administrativo.	
	1	Suporte local / presencial 24 x 7.	
	2	Monitoramento remoto do sistema 24 x 7 mais suporte presencial.	
	3	Monitoramento remoto do sistema 24 x 7, acesso remoto mais suporte presencial.	
NOTAS:			

Classe:		Monitoramento e Gerenciamento de Alarmes	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Monitoramento dos alarmes.				
Alternativas	0	Monitoramento das funções de alarmes baseados em SDCD ou em sistemas supervisórios sem padronização de telas, nem categorias de alarmes.		
	1	Monitoramento das funções de alarmes baseados em SDCD ou em sistemas supervisórios sem padronização de telas ou categorias de alarmes.		
	2	Supervisão operacional baseada em SDCD ou em sistemas supervisórios com padronização de telas ou categorias de alarmes, porém sem conformidade com um padrão normativo.		
	3	Supervisão operacional baseada em SDCD ou em sistemas supervisórios com padronização de telas ou categorias de alarmes em conformidade com um padrão normativo.		
NOTAS:				
Tópico 2: Gerenciamento de alarmes				
Alternativas	0	Inexistência de processo estruturado de trabalho para o gerenciamento de alarmes.		
	1	Existência de processo estruturado de trabalho manual para a gerenciamento de alarmes.		
	2	Existência de processo estruturado de trabalho baseado nos recursos do SDCD ou sistema supervisórios.		
	3	Existência de processo estruturado de trabalho baseado nos recursos de sistema especialista para gerenciamento de alarmes, atendendo padrões normativos.		
NOTAS:				
Tópico 3: Sustentação de desempenho do sistema de gerenciamento de alarmes				
Alternativas	0	Inexistência de processo de trabalho voltados à sustentação de desempenho do sistema de gerenciamento de alarmes.		
	1	Existência de processo de trabalho voltado ao monitoramento e avaliação dos resultados do gerenciamento de alarmes.		
	2	Existência de processo de trabalho voltado ao monitoramento e avaliação dos resultados do gerenciamento de alarmes, bem como a gestão das mudanças no processo.		
	3	Existência de processo de trabalho voltado ao monitoramento e avaliação dos resultados do gerenciamento de alarmes, bem como a gestão das mudanças no processo e realização de auditorias de todo o ciclo de vida da sistemática.		
NOTAS:				
Tópico 4: Desempenho do gerenciamento de alarmes -I				
Alternativas	0	Inexistência de KPI (Indicadores Chaves de Performance).		
	1	Existência de KPI referente ao número aceitável de alarmes anunciados por dia por operador: entre 144 e 288 (Norma ISA SP 18.2)		
	2	Existência de KPI referente ao número aceitável de alarmes anunciados por dia por operador: entre 144 e 288 e ao número de alarmes anunciados por hora por operador (em média): entre 6 e 12. (Norma ISA SP 18.2)		
	3	Existência de KPI referente ao número aceitável de alarmes anunciados por dia por operador: entre 144 e 288, ao número de alarmes anunciados por hora por operador (em média): entre 6 e 12 e ao número de alarmes anunciados por período de 10 minutos por operador (em média): máximo de 2. (Norma ISA SP 18.2)		
NOTAS:				

Classe:	Monitoramento e Gerenciamento de Alarmes	N.E.A	N.E.F

Tópico 5:		Desempenho do gerenciamento de alarmes -II	
Alternativas	0	Existência de KPI referente ao percentual de tempo que o sistema de alarmes permanece em condição de avalanche: máximo de 1% do tempo total de funcionamento. A ISA SP 18.2 define como condição de avalanche quando se tem 10 ou mais alarmes por operador em um período de 10 minutos.	
	1	Existência de KPI referente ao percentual de tempo que o sistema de alarmes permanece em condição de avalanche: máximo de 1% do tempo total de funcionamento e à contribuição percentual dos 10 alarmes mais frequentes em relação ao total de alarmes: máximo de 5%, mas com planos de ação para correção das deficiências. (Norma ISA SP 18.2)	
	2	Condições anteriores acrescidas do KPI referente à quantidade de alarmes intermitentes, que deve ser zero e alarmes obsoletos que devem ser no máximo 5 por dia. Necessidade de implantação de plano de ação para corrigir qualquer ocorrência de desvio em ambos os casos. (Norma ISA SP 18.2)	
	3	Condições anteriores mais existência de procedimento para autorização e controle de mudança de atributos de alarmes. (Norma ISA SP 18.2)	
NOTAS:			

Tópico 6:		Suporte para o sistema de gerenciamento de alarmes.	
Alternativas	0	Sem suporte para o sistema de gerenciamento de alarmes.	
	1	Suporte para correção de defeitos e manutenção sob demanda.	
	2	Suporte para manutenção, correção de defeitos e atualizações do software.	
	3	Suporte para manutenção, correção de defeitos, atualizações e melhorias das aplicações.	
NOTAS:			

Classe:		Automação Elétrica	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Instrumentos de medição				
Alternativas	0	Utilização de instrumentos eletromecânicos analógicos.		
	1	Utilização de instrumentos eletrônicos analógicos.		
	2	Utilização de instrumentos eletrônicos digitais microprocessados.		
	3	Utilização de instrumentos eletrônicos digitais microprocessados ligados em rede de comunicação a um sistema de supervisão.		
NOTAS:				
Tópico 2: Relés de proteção				
Alternativas	0	Utilização de relés eletromecânicos.		
	1	Utilização de relés eletrônicos analógicos.		
	2	Utilização de relés eletrônicos digitais microprocessados.		
	3	Utilização de relés eletrônicos digitais microprocessados ligados em rede de comunicação a um sistema de supervisão.		
NOTAS:				
Tópico 3: Disjuntores				
Alternativas	0	Utilização de disjuntores eletromecânicos.		
	1	Utilização de disjuntores equipados com sistema eletrônico digital microprocessado.		
	2	Utilização de relés eletrônicos digitais microprocessados ligados em rede de comunicação a um sistema de supervisão. Apenas para disjuntores de AT/MT.		
	3	Utilização de relés eletrônicos digitais microprocessados ligados em rede de comunicação a um sistema de supervisão. Para disjuntores de BT/AT/MT.		
NOTAS:				
Tópico 4: Banco de capacitores				
Alternativas	0	Banco de capacitores fixos.		
	1	Banco de capacitores com comutação manual.		
	2	Banco de capacitores com comutação automática através de um sistema que determina a quantidade de bancos em função das cargas ativas (off-line).		
	3	Banco de capacitores com comutação automática através de um sistema que monitora o fator de potência on-line.		
NOTAS:				
Tópico 5: Sistema de gerenciamento de energia elétrica				
Alternativas	0	Sem nenhuma tecnologia aplicada ao gerenciamento de energia elétrica.		
	1	Apenas medidores de energia instalados isoladamente.		
	2	Apenas medidores de energia ligados em rede, se comunicando com um sistema supervisorio.		
	3	Sistema de gerenciamento de energia elétrica com funcionalidades de monitorar, controlar e otimizar o desempenho energético de determinadas carga elétricas.		
NOTAS:				

Classe:	Automação Elétrica	N.E.A	N.E.F

Tópico 6:		Aplicação de inversores de frequência.	
Alternativas	0	Sem aplicações com inversor de frequência.	
	1	Aplicação de inversores de frequência para cargas variáveis em MT.	
	2	Aplicação de inversores de frequência para cargas variáveis em qualquer nível de tensão.	
	3	Aplicação de inversores de frequência para cargas variáveis em qualquer nível de tensão e em substituição às válvulas de controle.	
NOTAS:			

Tópico 7:		CCM - Centro de Controle de Motores	
Alternativas	0	Existência de CCM convencional com componentes eletromecânicos	
	1	Aplicação de relés microprocessados stand alone.	
	2	Aplicação de relés microprocessados ligados em rede.	
	3	Aplicação de relés microprocessados ligados em rede com sistema de supervisão.	
NOTAS:			

Classe:		Indústria 4.0	N.E.A	N.E.F
Tópico 1:		Utilização de QR Code nos equipamentos de automação.		
Alternativas	0	Indisponibilidade de QR Code nos equipamentos de automação.		
	1	Disponibilidade de QR Code nos equipamentos de automação, que propicia acesso a manuais e diagramas através de um tablet em campo.		
	2	Disponibilidade de QR Code nos equipamentos de automação, que propicia acesso a manuais, diagramas e sobressalentes disponíveis na empresa, através de um tablet em campo.		
	3	Disponibilidade de QR Code nos equipamentos de automação, que propicia acesso a manuais, diagramas e sobressalentes disponíveis na empresa e acesso ao sistema de gestão da manutenção através de um tablet em campo.		
NOTAS:				
Tópico 2:		Utilização de realidade aumentada		
Alternativas	0	Indisponibilidade dos recursos de realidade aumentada para execução da manutenção dos equipamentos e sistemas industriais.		
	1	Disponibilidade dos recursos de realidade aumentada para execução da manutenção de alguns equipamentos e sistemas de automação.		
	2	Disponibilidade dos recursos de realidade aumentada para execução da manutenção de alguns equipamentos e sistemas elétricos e de automação.		
	3	Disponibilidade dos recursos de realidade aumentada para execução da manutenção de alguns equipamentos e sistemas elétricos, mecânicos e de automação.		
NOTAS:				
Tópico 3:		Big data		
Alternativas	0	Inexistência de ferramenta para tratar grande volume de dados.		
	1	Existência de ferramenta para tratar os dados dos processos produtivos da planta.		
	2	Existência de ferramenta para tratar os dados dos processos produtivos da planta e sistemas de utilidades.		
	3	Existência de ferramenta para tratar os dados dos processos produtivos e sistemas de utilidades de todo o site.		
NOTAS:				
Tópico 4:		Infraestrutura de Wi Fi		
Alternativas	0	Inexistência de infraestrutura de wi-fi.		
	1	Existência de infraestrutura de wi-fi em menos de 50% da planta.		
	2	Existência de infraestrutura de wi-fi em mais de 50% da planta.		
	3	Existência de infraestrutura de wi-fi em toda a planta.		
NOTAS:				

Classe:	Indústria 4.0	N.E.A	N.E.F

Tópico 5:		IIoT	
Alternativas	0	Inexistência de sensores inteligentes monitorando equipamentos da planta.	
	1	Existência de sensores inteligentes monitorando equipamentos da planta com informações disponíveis no sistema de controle.	
	2	Existência de sensores inteligentes monitorando equipamentos da planta com informações disponíveis no sistema de controle e diagnóstico em sistema local dedicado.	
	3	Existência de sensores inteligentes monitorando equipamentos da planta com informações disponíveis no sistema de controle e diagnóstico em sistema local dedicado, bem como em fornecedor fora da empresa.	
NOTAS:			

Tópico 6:		Armazenamento em nuvem.	
Alternativas	0	Indisponibilidade do recurso de armazenamento me nuvem.	
	1	Disponibilidade do recurso de armazenamento me nuvem apenas para dados de condições de equipamento.	
	2	Disponibilidade do recurso de armazenamento me nuvem apenas para dados de condições de equipamento e relatórios operacionais.	
	3	Disponibilidade do recurso de armazenamento me nuvem apenas para dados de condições de equipamento, relatórios operacionais e dados de processo.	
NOTAS:			

Classe:		Infraestrutura de TA	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Padronização				
Alternativas	0	Os computadores e dispositivos de rede não possuem padronização.		
	1	Menos de 50% dos computadores e dispositivos de rede possuem padronização de hardware e softwares.		
	2	Mais de 50% dos computadores e dispositivos de rede possuem padronização de hardware e softwares.		
	3	Mais de 50% dos computadores e dispositivos de rede possuem padronização de hardware e softwares e contrato de fornecimento dos ativos.		
NOTAS:				
Tópico 2: Sistema de monitoramento de rede.				
Alternativas	0	Inexistência de sistema de monitoramento de rede.		
	1	Existência de sistema de monitoramento de rede, porém menos de 50% dos componentes das redes de automação são monitorados.		
	2	Existência de sistema de monitoramento de rede para a maior parte dos componentes das redes de automação.		
	3	Existência de sistema de monitoramento de rede para a maior parte dos componentes das redes de automação, com auditorias periódicas proceduralizadas.		
NOTAS:				
Tópico 3: Inventários dos ativos da infraestrutura de TA.				
Alternativas	0	Inexistência de qualquer controle de inventário.		
	1	Existência de procedimento e ferramenta para controle de inventário.		
	2	Existência de procedimento e ferramenta para controle de inventário, bem como controle do ciclo de vida dos ativos.		
	3	Existência de procedimento e ferramenta para controle de inventário, bem como controle do ciclo de vida dos ativos e controle de renovação de licenças e garantias.		
NOTAS:				
Tópico 4: Contingências e sobressalentes.				
Alternativas	0	Inexistência de sobressalentes ou equipamentos para contingências.		
	1	Existência de alguns sobressalentes e equipamento de contingência.		
	2	Existência dos sobressalentes dos principais equipamentos, porém com gestão fora do sistema de suprimentos/almojarifado.		
	3	Existência dos sobressalentes dos principais equipamentos, com gestão pelo sistema de suprimentos/almojarifado.		
NOTAS:				
Tópico 5: Documentação de rede.				
Alternativas	0	Inexistência de documentação de rede.		
	1	Existência de documentação, mas não para todas as redes.		
	2	Existência de documentação para todas as redes.		
	3	Existência de documentação para todas as redes e procedimento rigoroso para atualização, com auditorias anuais.		
NOTAS:				

Classe:	Infraestrutura de TA	N.E.A	N.E.F

Tópico 6: Fornecimento de serviços de infraestrutura de rede.				
Alternativas	0	Inexistência de especificação técnica para fornecimento de serviços.		
	1	Existência de fornecedores homologados.		
	2	Existência de fornecedores homologados por categoria de serviços.		
	3	Existência de fornecedores homologados e certificados por categoria de serviços.		
NOTAS:				

Tópico 7: Contrato de manutenção.				
Alternativas	0	Inexistência de contrato de manutenção.		
	1	Existência de contrato de manutenção corretiva sob demanda.		
	2	Existência de contrato de manutenção preventiva e corretiva.		
	3	Existência de contrato de manutenção preventiva e corretiva, com monitoramento informatizado 24 x 7.		
NOTAS:				

Tópico 8: No Breaks				
Alternativas	0	Inexistência de processo estruturado para manutenção.		
	1	Existência de processo estruturado para manutenção corretiva.		
	2	Existência de processo estruturado para manutenção preventiva e corretiva.		
	3	Existência de processo estruturado para manutenção preventiva e corretiva, com monitoramento informatizado 24 x 7.		
NOTAS:				

Classe:		Segurança de TA	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Controle de acesso lógico para os sistemas de automação.				
Alternativas	0	Sem controle de acesso.		
	1	Existência do controle de logins e senhas por usuários coletivos.		
	2	Existência do controle de logins e senhas por usuário individual.		
	3	Existência do controle de logins por usuário individual e bloqueio de senha por inatividade.		
NOTAS:				
Tópico 2: Gestão das senhas de acesso aos sistemas de automação.				
Alternativas	0	Sem gestão das senhas de acesso		
	1	Existência de controle apenas sobre a quem pertence cada login e as senhas são gerenciadas pelos próprios usuários.		
	2	Existência de controle sobre a quem pertence cada login e a validade das senhas de cada usuário, sem prazo definido para troca das mesmas.		
	3	Existência de controle sobre a quem pertence cada login e a cada três meses o usuário é forçado a trocar de senha.		
NOTAS:				
Tópico 3: Gestão de backups dos softwares aplicativos dos sistemas de automação.				
Alternativas	0	Sem procedimento para realização de backups.		
	1	Existência de procedimento para realização de backup, com salvamento de cópia em locais distintos.		
	2	Existência de procedimento para realização de backup, com salvamento de cópia em locais distintos e teste de consistência dos dados salvos.		
	3	Existência de procedimento e ferramenta para realização de backup, com salvamento de cópia em locais distintos e teste de consistência dos dados salvos.		
NOTAS:				
Tópico 4: Utilização de portas USB em sistemas de automação.				
Alternativas	0	Inexistência de procedimento para utilização das portas USB.		
	1	Existência de procedimento para utilização das portas USB. Portas USB liberadas e controladas pelo procedimento.		
	2	Existência de procedimento para utilização das portas USB. Portas USB bloqueadas logicamente.		
	3	Existência de procedimento para utilização das portas USB. Portas USB bloqueadas logicamente e fisicamente para as estações de operação.		
NOTAS:				
Tópico 5: Interface de rede de automação e rede corporativa.				
Alternativas	0	Acesso livre para ambas as redes.		
	1	A rede de automação é segregada e o acesso a rede ocorre por autenticação simples por firewall.		
	2	A rede de automação é segregada e o acesso a rede ocorre por autenticação dupla por firewall.		
	3	A rede de automação é segregada e o acesso a rede ocorre por autenticação dupla por firewall e existência DMZ.		
NOTAS:				

Classe:		Segurança de TA	N.E.A	N.E.F
Tópico 6:		Rotinas de trabalho para tratar os processos de segurança dos sistemas de automação.		
Alternativas	0	Sem rotinas de trabalho para tratar os processos de segurança dos sistemas.		
	1	Existência de rotinas básicas para gestão dos processos de segurança dos sistemas.		
	2	Existência de rotinas elaboradas para gestão dos processos de segurança dos sistemas, com emissão de relatórios mensais.		
	3	Existência de rotinas elaboradas para gestão dos processos de segurança dos sistemas, com emissão de relatórios mensais e adoção de ações de melhorias constante.		
NOTAS:				
Tópico 7:		Utilização de antivírus nos sistema de automação.		
Alternativas	0	Sem utilização de antivírus.		
	1	Utilização de antivírus nos sistema de automação, porém sem política de atualização.		
	2	Utilização de antivírus homologados para os sistema de automação, com atualização manual ou automática.		
	3	Utilização de antivírus homologados para os sistema de automação, com atualização manual ou automática, bem como atualização de segurança do sistema operacional.		
NOTAS:				
Tópico 8:		Controle de acesso físico aos sistemas de automação.		
Alternativas	0	Sem controle de acesso.		
	1	Existência do controle de acesso às salas, através de liberação por formulário.		
	2	Existência do controle de acesso. Utilização de chaves mecânicas para acesso aos painéis.		
	3	Existência do controle de acesso. Utilização de chaves eletrônicas para acesso às salas e chaves mecânicas para acesso aos painéis.		
NOTAS:				

Classe:		PIMS - Plant Information Management System	N.E.A	N.E.F
Tópico 1: Aplicação do PIMS				
Alternativas	0	Sem utilização de nenhum sistema de gerenciamento de informações da plana.		
	1	Utilização do historiador do sistema de controle: SDCD ou SCADA.		
	2	Utilização de um PIMS a fim de avaliar eventos que acontecem ao longo do tempo, a fim de gerar gráficos de tendência.		
	3	Utilização de um PIMS a fim de avaliar eventos que acontecem ao longo do tempo, gerar gráficos de tendência, fazer projeções futuras e avaliação de desempenho.		
NOTAS:				
Tópico 2: Extensão da aplicação do PIMS - I				
Alternativas	0	Utilização do PIMS a fim de avaliar as variáveis de processo em tempo real, tendências e avaliação de desempenho de equipamentos.		
	1	Utilização do PIMS a fim de avaliar as variáveis de processo em tempo real, tendências e avaliação de desempenho de sistemas.		
	2	Utilização do PIMS a fim de avaliar as variáveis de processo em tempo real, tendências e avaliação de desempenho da planta.		
	3	Utilização do PIMS a fim de avaliar as variáveis de processo em tempo real, tendências e avaliação de desempenho da planta, bem como gerar os relatórios gerenciais.		
NOTAS:				
Tópico 3: Extensão da aplicação do PIMS - II				
Alternativas	0	Aplicação do PIMS para gerar telas sinóticas para acesso de informações do processo no ambiente corporativo.		
	1	Aplicação do PIMS para gerar telas sinóticas para acesso de informações do processo no ambiente corporativo e apresentar os KPIs da planta.		
	2	Aplicação do PIMS para gerar telas sinóticas para acesso de informações do processo no ambiente corporativo, apresentar os KPIs da planta e realizar o controle estatístico de processo.		
	3	Aplicação do PIMS para gerar telas sinóticas para acesso de informações do processo no ambiente corporativo, apresentar os KPIs e relatórios gerenciais da planta e realizar o controle estatístico de processo .		
NOTAS:				
Tópico 4: Suporte ao PIMS.				
Alternativas	0	Sem suporte para os softwares do PIMS.		
	1	Suporte para correção de defeitos e manutenção sob demanda.		
	2	Suporte para correção de defeitos, manutenção e atualizações dos softwares.		
	3	Suporte para correção de defeitos, manutenção, atualizações e melhorias nas aplicações.		
NOTAS:				
Tópico 5: Manutenção de desempenho do PIMS.				
Alternativas	0	Inexistência de processos para manutenção de desempenho do PIMS.		
	1	Existência de processos insipiente para manutenção de desempenho do PIMS.		
	2	Existência de processo estruturado para manutenção de desempenho do PIMS, com rotinas bem estabelecidas.		
	3	Existência de processo estruturado para manutenção de desempenho do PIMS, com rotinas bem estabelecidas e suporte do fornecedor e/ou especialista.		
NOTAS:				

Classe:		Interfaces com TI	N.E.A	N.E.F
Tópico 1:		Definição das interfaces entre TI e TA.		
Alternativas	0	Sem definição clara de responsabilidades.		
	1	Definição parcial das atribuições e responsabilidades das duas áreas.		
	2	Definição completa das atribuições e responsabilidades das duas áreas.		
	3	Definição completa das atribuições e responsabilidades das duas áreas, bem como existência de procedimento claro de atuação.		
NOTAS:				
Tópico 2:		Processo de atendimento às demandas de TA.		
Alternativas	0	Inexistência de procedimento de priorização das demandas.		
	1	Existência de procedimento de priorização e as demandas de TA são priorizadas juntamente com as demandas de TI.		
	2	Existência de procedimento de priorização e as demandas de TA tem maior prioridade, em relação às demandas de TI.		
	3	Existência de procedimento de priorização e as demandas de TA tem maior prioridade, em relação às demandas de TI. Existe equipe dedicada para atendimento às demandas de TA.		
NOTAS:				