



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
ESCOLA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



Controlador Lógico Programável Aplicado à Indústria 4.0

Hugo César Diniz Azevedo

Orientador: Prof. Dr. Gláucio Bezerra Brandão

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação da UFRN como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Inovação.

Número de ordem PPGMPI: 016
Natal, RN, 25 de Abril de 2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Azevedo, Hugo César Diniz.

Controlador lógico programável aplicado à indústria 4.0 / Hugo César Diniz Azevedo. - 2018.

39 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Escola de Ciência e Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação. Natal, RN, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Gláucio Bezerra Brandão

1. Engenharia de controle automático - Dissertação. 2. Controlador Lógico Programável - Dissertação. 3. Indústria 4.0 - Dissertação. 4. Eficiência - Dissertação. I. Brandão, Gláucio Bezerra. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 681.5(043.3)

Controlador Lógico Programável Aplicado à Indústria 4.0

Hugo César Diniz Azevedo

Dissertação de Mestrado aprovada em 25 de abril de 2018 pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Gláucio Bezerra Brandão (Orientador) UFRN

Prof. Dr. Edgard de Faria Correa..... UFRN

Prof. Dr. Efrain Pantaleon Matamoros UFRN

Prof. Dr. José Alberto Nicolau de Oliveira UFRN

Prof. Dr. Jefferson Doolan Fernandes IFRN

Resumo

O Brasil enfrenta, atualmente, uma queda contínua de vendas em seu setor industrial. Como os custos de produção não acompanham a redução do faturamento, este evento faz com que o custo unitário de produção aumente, sendo este um reflexo da baixa produtividade e competitividade dessas indústrias. Neste contexto, o tema “Indústria 4.0” tem sido muito debatido e vários países têm construído diretrizes para alavancar a retomada de crescimento industrial. Acompanhando o desenvolvimento da manufatura avançada, os conceitos de “Internet das Coisas” e “Big Data” estão tomando grandes proporções. Desta forma, a tendência para os próximos anos está vinculada a adoção dessas novas tecnologias. Dentre as tecnologias disponíveis, apresenta-se o Controlador Lógico Programável Aplicado à Indústria 4.0: um dispositivo focado em conectividade e produtividade que possui o objetivo de aproximar as indústrias de todos os portes com a “Indústria 4.0”. Ao agregar funcionalidades de programação remota do CLP a análises estatísticas de produção em um só produto, espera-se que a indústria mundial tenha acesso à tecnologia de ponta por um preço acessível. Por fim, foi realizado um estudo acerca de 3 índices relevantes para o processo produtivo e as possíveis contribuições tecnológicas no setor de embalagens de indústria alimentícia.

Palavras-chave: Engenharia de Controle Automático, Controlador Lógico Programável, Indústria 4.0, Eficiência.

Abstract

Currently, Brazil faces a continuous drop in sales in its industrial sector. As production costs do not accompany the billing reduction, this event causes the unit cost of production to increase which is a reflection of the low productivity and competitiveness of the industries. In this context, the theme “Industry 4.0” has been much debated and several countries have built guidelines to leverage the resumption of industrial growth. Accompanying the development of lean manufacturing, the concepts of “Internet of Things” and “Big Data” are taking on major proportions. In this way, a trend for the future is to adopt these new technologies. Among the available technologies, the Programmable Logic Controller Applied to Industry 4.0 is presented: a device focused on connectivity and productivity that aims to bring together industries of all sizes and the “Industry 4.0”. Considering from the PLC remote programming functionality to statistical analysis of production into a single product, the expectancy is the industry have access to state-of-the-art technology at an affordable price. Finally, a study on productive process relevant indexes was carried out and how technological contributions can influence the efficiency of the packaging industry of a food industry.

Keywords: Automatic Control Engineering, Programmable Logic Controller, Industry 4.0, Efficiency.

Sumário

Sumário	i
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	iv
Lista de Abreviaturas e Siglas	vi
1 Introdução	1
1.1 Organização do Texto	3
2 Fundamentação Científico-Tecnológica	4
2.1 Indústria 4.0	4
2.2 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> - OEE	7
2.3 Manufatura Enxuta	7
2.4 Tendências no Desenvolvimento de Hardware	8
2.5 Síntese do Capítulo	8
3 Desenvolvimento da Solução	9
3.1 Materiais e Métodos	9
3.1.1 Desenvolvimento do Produto	9
3.1.2 Prospecção Tecnológica e Redação de Patente	9
3.2 Imersão - O CLP 4.0, a Indústria 4.0 e a Otimização de Recursos	11
3.3 Definição do Problema	13
3.4 Proposta de Valor	14
3.5 Canvas	16
3.6 Análise de Mercado	18
3.6.1 Análise da Concorrência	18
3.6.2 Tendências	20
3.6.3 Prospecção do Mercado	20
3.6.4 Escalabilidade	21

3.7	Concepção do Produto	22
3.7.1	Versão 1.0	22
3.7.2	Versão 2.0	22
3.7.3	Versão 3.0	24
3.7.4	Versão 4.0	26
3.8	Proteção Industrial do Trabalho Desenvolvido	27
3.9	Síntese do Capítulo	28
4	Memorial Empreendedor	29
4.1	Potychip	29
4.1.1	Edital Primeira Empresa Inovadora - PRIME	29
4.1.2	Edital Pappe Subvenção	30
4.1.3	Edital Pappe Integração	30
4.2	Zigtec	30
4.2.1	Edital Startup Brasil	31
4.3	Potymak	31
4.3.1	Desenvolvimento de Controladores	31
4.3.2	Fabricação de Máquinas Industriais	31
4.3.3	Consultoria em Eficiência Produtiva	32
4.4	Contribuição do Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Inovação no Desenvolvimento do Trabalho	32
4.4.1	Inovação e Inteligência Competitiva	32
4.4.2	Metodologias e Ferramentas para o Desenvolvimento de Novos Produtos e Novos Negócios	32
4.4.3	Gestão de Projetos	32
4.4.4	Probabilidade e Estatística Descritiva para Gestores	33
4.4.5	Gêneros Discursivos em Inovação	33
4.4.6	Tópicos Avançados em Desenvolvimento de Tecnologias para a Inovação	33
4.4.7	Desenvolvimento da Rede de Contatos	33
4.5	Síntese do Capítulo	33
5	Considerações Finais	35
5.1	Plano de Inovação	35
5.2	Considerações Gerais	35
5.2.1	Imersão	36
5.2.2	Validação do Interesse	36

5.2.3	Validação do Mercado	36
5.2.4	Monetização	36
5.2.5	Cultura	37
5.3	Trabalhos Futuros	37

Referências Bibliográficas	38
-----------------------------------	-----------

Lista de Figuras

2.1	Processo de Adaptação - Fonte: Adaptado de Schuh et al. (2017).	5
2.2	Estágios para o desenvolvimento da Indústria 4.0 - Fonte: Adaptado de Schuh et al. (2017).	6
2.3	OEE - Fonte: Adaptado de Singh et al. (2013).	7
3.1	Fluxograma para prospecção tecnológica e desenvolvimento da patente. . .	10
3.2	Canvas	17
3.3	Aplicação da primeira versão validada do CLP em máquina de envase. . .	23
3.4	Aplicação da primeira versão do CLP em comando de bombas e motores. .	23
3.5	Versão 3.0 do CLP.	25

Lista de Tabelas

1.1	Percentual do setor no Valor da Transformação Industrial das indústrias extrativa e de transformação	2
3.1	Comparativo de funcionalidades entre produtos de concorrentes.	19

Lista de Abreviaturas e Siglas

CLP	Controlador Lógico Programável
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
IHM	Interface Homem-Máquina
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
IoT	<i>Internet of Things</i> - Internet das Coisas
MVP	Mínimo Produto Viável
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
CNI	Confederação Nacional da Indústria
PIB	Produto Interno Bruto
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
ABIMAQ	Associação Brasileira de Fabricantes de Máquinas e Equipamentos
NRI	<i>Networked Readiness Index</i>
NR-12	Norma Regulamentadora 12
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
ABIMAQ	Associação Brasileira de Fabricantes de Máquinas e Equipamentos

Capítulo 1

Introdução

O Brasil enfrenta, atualmente, uma queda contínua de vendas em seu setor industrial. Como os custos de produção não acompanham a redução do faturamento, este evento faz com que o custo unitário de produção aumente, sendo este um reflexo da baixa produtividade e competitividade dessas indústrias.

Segundo dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI), divulgados em novembro de 2016, a participação da indústria brasileira nas exportações mundiais de manufaturados caiu de 0,69% em 2013 para 0,59% em 2014, representando uma redução de 14,5%. “A baixa capacidade de o Brasil competir com os demais parceiros comerciais reduz a produção e o emprego, desestimula os investimentos e compromete o crescimento da economia”, ressalta a Instituição.

Paralelamente verifica-se um crescimento significativo das aplicações do conceito da “Indústria 4.0”, no Brasil e em vários outros países, como forma de aumentar a eficiência e competitividade de suas fábricas. Segundo a CNI, em sua publicação “Desafios para Indústria 4.0 no Brasil”, estima-se que a implementação das tecnologias ligadas à Internet das Coisas, nos diversos setores da economia, causará um impacto no PIB brasileiro da ordem de US\$ 39 bilhões até 2030. Além disso, o documento estima que, até 2025, os processos relacionados à “Indústria 4.0” poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos em até 40%, reduzir o consumo de energia em até 20% e aumentar a eficiência do trabalho em até 25%.

Diante do cenário de nova revolução industrial, a Potymak tem desenvolvido o CLP IoTa para buscar soluções que atendam ao problema enfrentado pelas empresas no país e no mundo, considerando a busca de um produto com características relacionadas à digitalização e à conectividade. Este produto é capaz de se comunicar de forma sem fio com qualquer dispositivo e agrega as funcionalidades de um CLP convencional, atendendo as demandas dos processos fabris e facilitando a integração das máquinas e o acesso de informação com foco no aumento da eficiência e, conseqüentemente, da competitividade.

O universo industrial formalmente constituído do Rio Grande do Norte tem tamanho estimado de 8.988 empresas e 114.876 empregados, segundo dados da última edição da Relação Anual de Informações Sociais - RAIS (MTE / RAIS, 2015). A grande maioria das unidades produtivas são microempresas, 87,8%, e absorvem 22,3% dos empregados do setor; as empresas de pequeno porte correspondem a 10,5% do total, com 31,9% dos empregados; as médias são 1,5% das unidades produtivas, com 24,3% da mão de obra, enquanto as empresas de grande porte correspondem a apenas 0,2% do total, com 21,6% do pessoal ocupado.

Estes setores apresentam uma composição percentual no Valor da Transformação Industrial das indústrias extrativa e de transformação no Estado, conforme Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Percentual do setor no Valor da Transformação Industrial das indústrias extrativa e de transformação

Setor Industrial	RN	NE	BRASIL
Construção	36,9%	41,2%	26,1%
Extração de petróleo e gás natural	15,6%	3,8%	4,7%
Derivados de petróleo e biocombustíveis	12,9%	6,3%	6,2%
Serviços industriais de utilidade pública	8,6%	11,2%	8,0%
Alimentos	5,1%	7,4%	9,6%
Extração de minerais não-metálicos	4,0%	0,9%	0,6%
Vestuário	3,7%	1,8%	1,6%
Têxteis	2,8%	1,2%	1,0%
Minerais não metálicos	2,6%	3,1%	2,5%
Bebidas	2,1%	3,0%	2,0%
Atividades de apoio à extração de minerais	1,5%	0,4%	0,9%
Produtos de metal	0,6%	1,1%	2,3%
Químicos	0,6%	4,8%	4,4%
Borracha e material plástico	0,6%	1,6%	2,3%
Móveis	0,4%	0,6%	0,9%
Impressão e reprodução	0,4%	0,3%	0,6%
Produtos diversos	0,4%	0,2%	0,7%
Máquinas e equipamentos	0,3%	0,3%	3,0%
Manutenção e reparação	0,3%	0,6%	1,0%
Papel e celulose	0,2%	1,9%	1,9%
Extração de minerais metálicos	0,1%	0,1%	4,1%
Madeira	0,1%	0,1%	0,6%
Metalurgia	0,1%	2,5%	3,4%
Veículos automotores	0,1%	1,1%	4,6%
Couros e calçados	0,0%	2,9%	1,0%
Outros equipamentos de transporte	0,0%	0,4%	1,1%
Informática, eletrônicos e ópticos	0,0%	0,2%	1,4%
Farmacêuticos	-	0,1%	1,4%
Fumo	-	0,1%	0,4%
Extração de carvão mineral	-	0,0%	0,0%

Fonte: <http://perfilestados.portaldaindustria.com.br/estado/rn>

Com o reagrupamento dos portes acima em dois principais, as empresas de micro e

pequeno porte correspondem a 98,3% do total de estabelecimentos e empregam 54,2% da mão de obra, enquanto as médias e grandes são 1,7% das unidades produtivas e absorvem 45,8% dos empregados¹.

1.1 Organização do Texto

Este trabalho está organizado em cinco capítulos com a seguinte distribuição:

- no capítulo 2 (Fundamentação científico-tecnológica) é realizado um levantamento dos conceitos mais utilizados na indústria atualmente, além das oportunidades de aplicação;
- no capítulo 3 (Desenvolvimento da Solução) é apresentada uma proposta de solução para a problemática apresentada;
- no capítulo 4 (Memorial Empreendedor) é apresentado o histórico empreendedor além da contribuição do mestrado no desenvolvimento deste trabalho;
- no capítulo 5 são apresentadas as considerações finais e as propostas para trabalhos futuros.

¹A classificação de porte industrial utilizada é a do SEBRAE, que obedece ao critério de número de pessoas ocupadas por unidade produtiva, a saber, Microempresas: até 19 empregados; Pequenas: 20-99; Médias: 100-499; e Grandes: 500 ou mais.

Capítulo 2

Fundamentação Científico-Tecnológica

Neste capítulo é apresentado um levantamento dos conceitos mais utilizados na indústria atualmente com o objetivo de promover o desenvolvimento, além das oportunidades de aplicação.

2.1 Indústria 4.0

As três primeiras revoluções industriais surgiram como resultado da mecanização, uso da eletricidade e da tecnologia da informação. Agora, a introdução da Internet das Coisas e Serviços no ambiente de produção está dando início a uma quarta revolução industrial. No futuro, as empresas estabelecerão redes globais que incorporarão suas máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção na forma de sistemas ciber-físicos (KAGERMANN et al., 2013). Neste sentido, a Alemanha partiu na frente definindo sua agenda para implantação das novas tecnologias e nomeando como “Indústria 4.0” a nova revolução industrial que está sendo anunciada.

Segundo Schuh et al. (2017), o maior potencial da “Indústria 4.0” está na capacidade de acelerar processos de decisão e de adaptação nas indústrias. Quando ocorre uma parada de linha na fábrica, por exemplo, muitas vezes o responsável toma conhecimento deste evento apenas no dia seguinte, quando o relatório preenchido ao final do dia passado é analisado. Este retardo no conhecimento da informação pode impedir a resolução rápida do problema. Com base nisto, Schuh et al. (2017) listou os passos existentes entre a ocorrência do evento até a obtenção do resultado da decisão tomada evidenciando o crescimento do benefício de cada ação com a redução do tempo de execução da mesma, conforme visto na Figura 2.1.

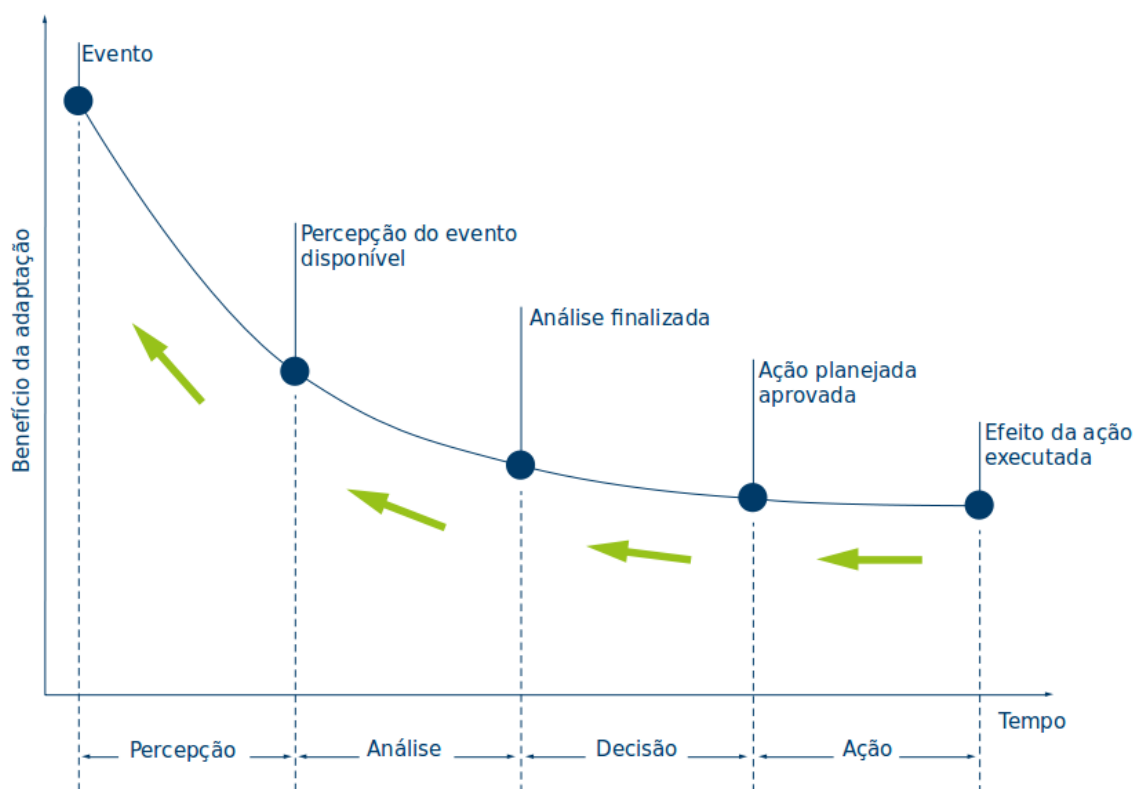


Figura 2.1: Processo de Adaptação - Fonte: Adaptado de Schuh et al. (2017).

Schuh et al. (2017) definiu, também, 6 estágios do caminho de desenvolvimento da Indústria 4.0 (conforme visualizado na Figura 2.2) como uma forma de auxiliar as indústrias a identificar seu estágio de maturidade e traçar as ações necessárias para progredir ao próximo estágio de desenvolvimento.

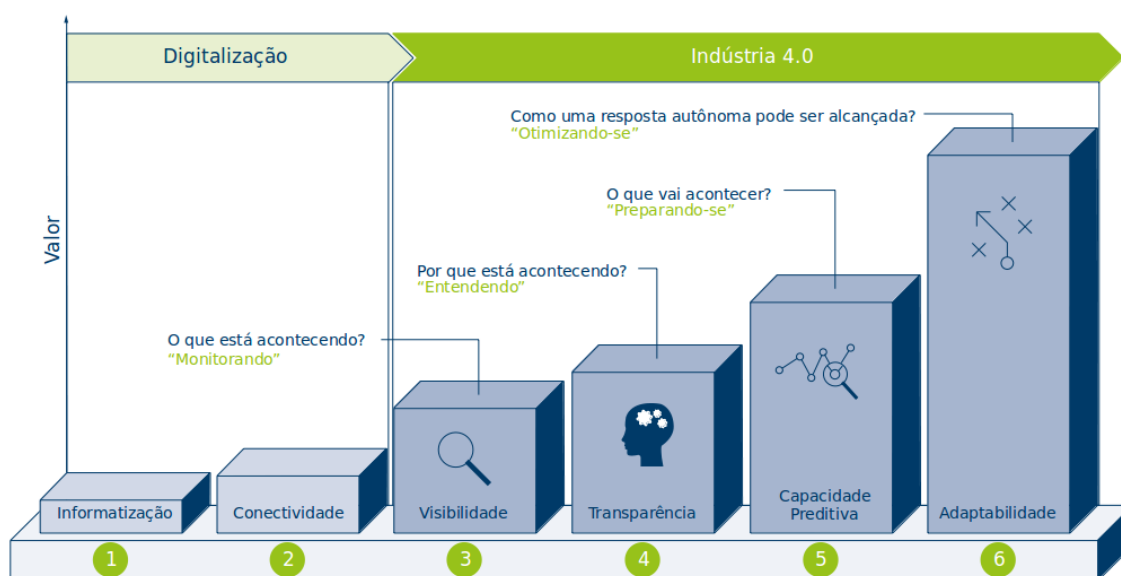


Figura 2.2: Estágios para o desenvolvimento da Indústria 4.0 - Fonte: Adaptado de Schuh et al. (2017).

Desta forma, toda indústria deve preocupar-se inicialmente na informatização dos seus processos, seguindo para a conectividade. Ao passar pelos 2 primeiros estágios preliminares, o alvo passa a ser a disponibilidade de todos os dados que podem gerar processos decisórios mais eficazes por todos os sistemas informatizados implantados. Após isto, deve-se aumentar a transparência dos processos para entendimento concreto dos eventos, prever o que deverá ocorrer após cada um desses eventos e, por fim, a implementação de processos que possam ser auto-corrigidos sem a intervenção humana.

Pode-se perceber que os 4 estágios contidos no conceito da "Indústria 4.0" relacionam processos com o objetivo de reduzir o tempo de ação de cada um dos 4 passos visualizados na Figura 2.1.

Seguindo em pensamentos convergentes a Schuh et al. (2017), Kagermann et al. (2013) define como desafios das áreas de ação prioritária, dentre outros, a padronização das arquiteturas das tecnologias envolvidas e o cálculo de eficiência e de disponibilidade das unidades fabris. Desta forma, indica-se a proximidade dos conceitos da Indústria 4.0 com as premissas da manufatura enxuta e do índice OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Com isto, deve-se agregar os conceitos em busca da implantação de um monitoramento para redução de custos (com base na manufatura enxuta) e para otimização dos processos e da comunicação de toda cadeia de suprimentos (com base na Indústria 4.0) (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016).

2.2 Overall Equipment Effectiveness - OEE

Segundo Singh et al. (2013) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é utilizado comumente como o indicador de performance na utilização dos equipamentos. O índice OEE consiste, então, no produto entre os índices de disponibilidade, de performance e de qualidade, como pode ser visto na Figura 2.3. Dentre os resultados apresentados pela medição do índice OEE, pode-se destacar o monitoramento da variação de desempenho da linha de produção de acordo com os investimentos realizados e identificação das máquinas que possuem menor eficiência, impactando nos índices globais da linha de produção.

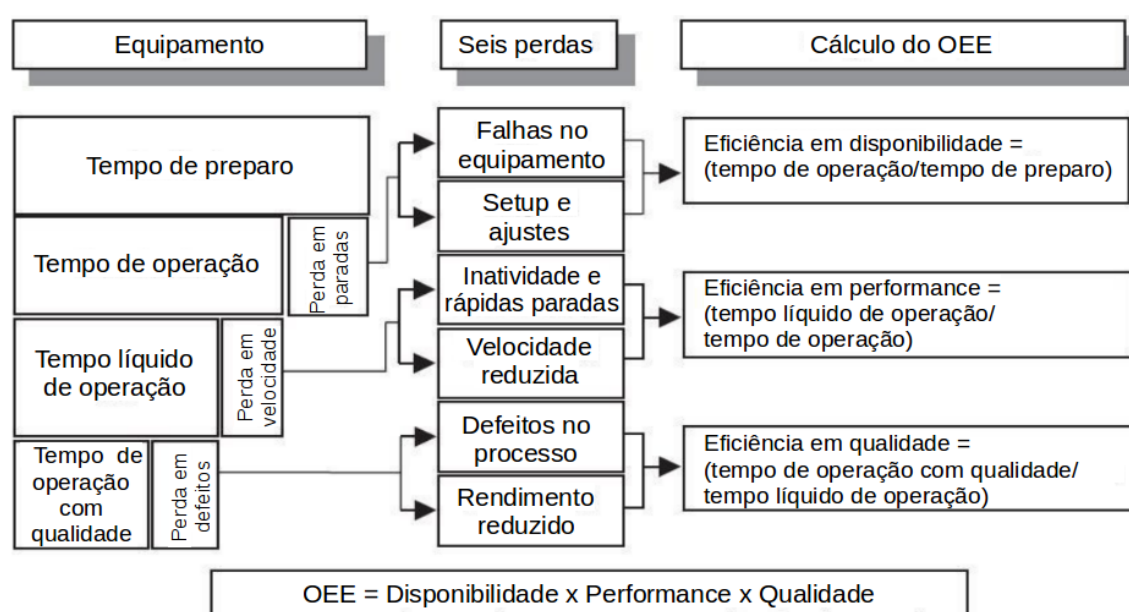


Figura 2.3: OEE - Fonte: Adaptado de Singh et al. (2013).

O trabalho realizado por Singh et al. (2013) demonstra o desenvolvimento de procedimento, hardware e software para aquisição dos dados necessários para mensurar os índices de OEE.

Grabill (2012) defende em seu estudo a necessidade de monitorar os índices de OEE e cita valores entre 80% e 90% como bons índices de eficiência em plantas fabris convencionais.

2.3 Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, é uma abordagem sistemática para identificar e eliminar o desperdício nas operações por meio da melhoria contínua, descartando os processos que não adicionam valor ao produto final, reduzindo o custo

operacional do sistema e atendendo ao desejo dos clientes de obter o máximo valor ao menor custo (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). Ela é derivada do Sistema Toyota de Produção e seu objetivo é aumentar o trabalho de valor agregado no processo, eliminando sete tipos básicos de desperdícios: superprodução, movimento (de operador, material ou máquina), espera (por operador, material ou máquina), transporte, processamento inadequado, estoque, defeitos (retrabalho e descarte) (CHAUHAN; SINGH, 2011).

Os dois maiores recursos da indústria que determinam o grau de manufatura enxuta e que podem contribuir significativamente para ela são máquinas e mão de obra (CHAUHAN; SINGH, 2011).

2.4 Tendências no Desenvolvimento de Hardware

No campo do desenvolvimento de hardware aplicado à indústria, Kerns (2017) cita as 4 tendências: modularidade com ênfase à padronização de comunicação entre diferentes fabricantes; flexibilidade para aceitar linguagem de programação de um fabricante em dispositivo de outro; facilidade na programação a partir de diversas linguagens de programação convencionais para desenvolvimento dos softwares dos controladores e; padronização na conectividade com as interfaces homem-máquina através de programação em código HTML.

2.5 Síntese do Capítulo

No levantamento bibliográfico foram verificados os dados mais relevantes acerca da Indústria 4.0, OEE e *Lean Manufacturing*. Devido à reduzida interação entre estes temas na literatura e sua importância individual para o desenvolvimento industrial, se torna crescente o desenvolvimento de trabalhos para incluir convergir estes conceitos numa mesma solução, assim como o proposto por Singh et al. (2013).

Capítulo 3

Desenvolvimento da Solução

Neste capítulo é apresentado o método utilizado para desenvolvimento do trabalho incluindo a prospecção tecnológica, criação de canvas, análise de mercado e desenvolvimento da solução: dos métodos ao resultado. Além disto, um fluxograma para redação de patente também é apresentado.

Considerando a oportunidade crescente de mercado quanto à necessidade das empresas em controlar e agilizar processos relacionados à facilidade de integração de máquinas e ao acesso de informação em processos fabris, propõe-se o desenvolvimento do Controlador Lógico Programável Aplicado à Indústria 4.0.

3.1 Materiais e Métodos

3.1.1 Desenvolvimento do Produto

Como forma de validar a proposta do trabalho apresentado, o processo de desenvolvimento consistiu em cinco principais passos: entendimento da problemática através de imersão no ambiente do cliente, construção de uma proposta de solução, desenvolvimento da solução, validação contínua e elaboração de propostas de otimização.

3.1.2 Prospecção Tecnológica e Redação de Patente

Como forma de padronizar o processo de busca de anterioridade e proteção de tecnologia, um fluxo foi desenvolvido para a realização do trabalho em dupla e dedicação de 44 horas dividida em 6 dias de trabalho. O fluxo das atividades, assim como as horas dedicadas, pode ser encontrado na Figura 3.1.

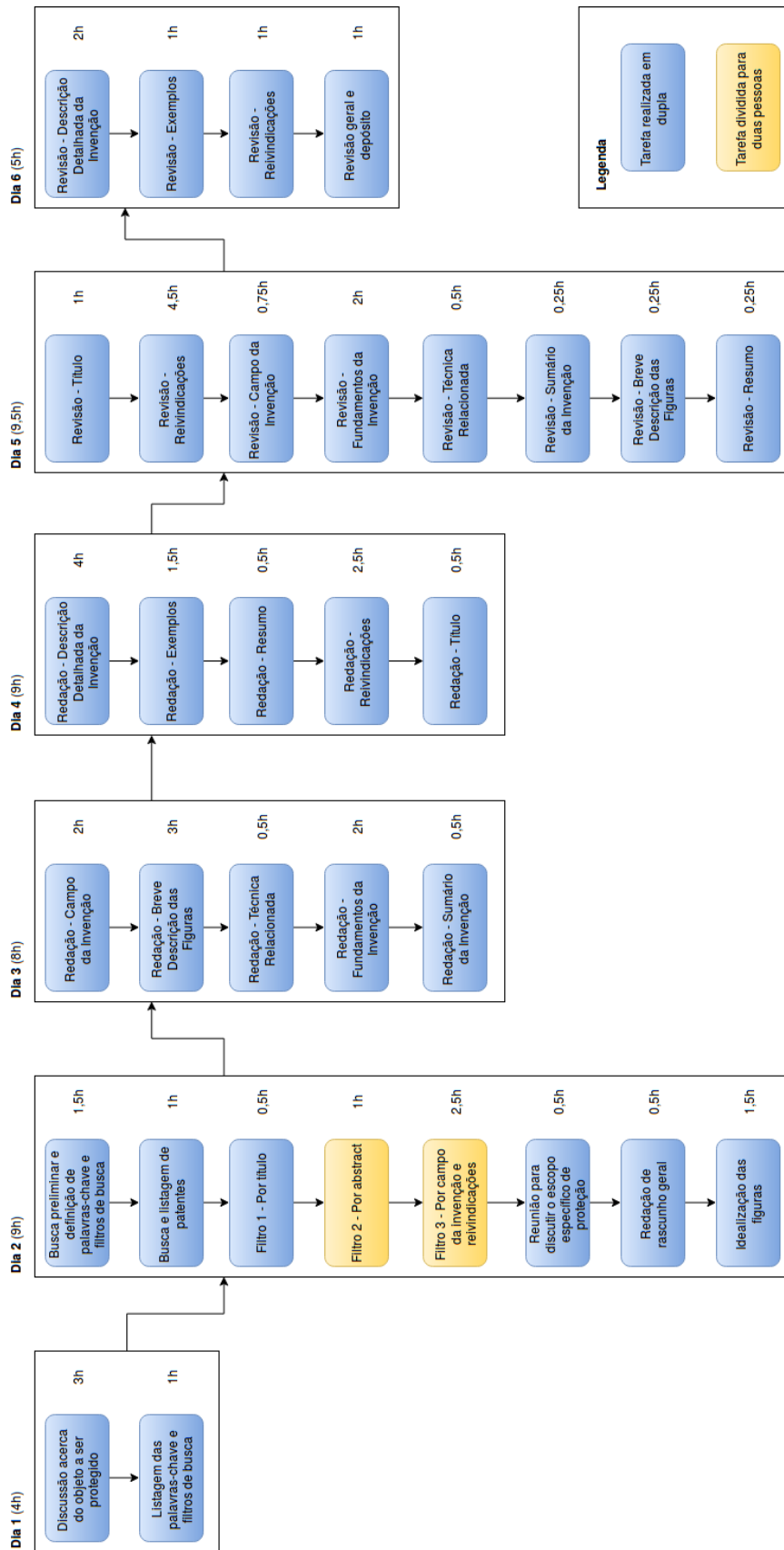


Figura 3.1: Fluxograma para prospeção tecnológica e desenvolvimento da patente.

3.2 Imersão - O CLP 4.0, a Indústria 4.0 e a Otimização de Recursos

Indústria 4.0, um termo criado na Alemanha que alude à quarta revolução industrial, tem como um dos pontos de estudo a digitalização para o monitoramento contínuo e para a tomada de decisão rápida, além da forte interação entre máquinas e entre humanos e máquinas. Este estudo mostra que algumas ações simples podem preparar uma indústria subdesenvolvida para a quarta revolução industrial.

Por outro lado, um termo mais comumente relacionado ao desenvolvimento da indústria é a Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*). Conforme citado na seção 2.3, o objetivo de uma manufatura enxuta é aplicar estratégias usando ferramentas de diagnóstico para eliminar os sete desperdícios da indústria: superprodução, movimento (de operador, material ou máquina), espera (por operador, material ou máquina), transporte, processamento inadequado, estoque, defeitos (retrabalho e descarte) (CHAUHAN; SINGH, 2011).

Associado a este objetivo, há um índice para medir a eficiência da máquina: o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), um dos principais precursores da implementação da Lean Manufacturing. Conforme introduzido pela seção 2.2, os índice OEE consiste no produto entre três parâmetros operacionais importantes: disponibilidade, performance e qualidade.

Qualquer um desses sete desperdícios ou três parâmetros OEE podem ser facilmente verificados como uma forma de obter uma indústria inteligente pronta para investir em digitalização e tecnologias para caminhar para o alvo: a Indústria 4.0.

Dentro do universo dos três parâmetros operacionais do índice OEE e dos sete desperdícios da *Lean Manufacturing*, foi realizada uma seleção de 2 parâmetros e 1 desperdício: performance; disponibilidade de equipamento; superprocessamento.

De acordo Confederação Nacional da Indústria (CNI), o conhecimento da indústria brasileira sobre tecnologias digitais e a sua incorporação à produção, pré-condições para o avanço da Indústria 4.0, ainda é pouco difundido (CNI, 2016).

Mesmo com a disseminação do conceito da Indústria 4.0, muitas indústrias ainda permanecem em processos pouco automatizados, posicionando-se tecnologicamente um pouco além do que se conhece da segunda revolução industrial: a inserção de máquinas elétricas.

A manutenção dessas indústrias em um nível pouco desenvolvido é justificada pela falta de incentivo e conhecimento para realizar pequenos investimentos em tecnologias que podem encaminhá-los para a direção da Indústria 4.0.

Como forma de expor a viabilidade de adotar tecnologias simples e relevantes, foi realizado um estudo sobre 3 fatores no setor de embalagens de uma indústria de segmento de polpa de frutas.

Performance

A performance é um índice percentual que mede a quantidade de unidades de produto que uma máquina produz em comparação com o máximo que pode produzir quando está em perfeito estado de uso.

A média de desempenho do ciclo-tempo das máquinas na indústria estudada foi inferior à encontrada em indústrias locais similares: 68,54% (41,13 unidades de produto por minuto contra 60 medida em outras indústrias). Isso significa que a produção realizada em 9 horas de trabalho poderia ser produzida em apenas 6 horas se as máquinas estivessem em perfeito estado de uso.

O CLP da Potymak (versão 2.0) com ajustes digitais foi usado para um controle fino dos tempos de operação da máquina como forma de otimizar esse recurso. Com esta operação, a performance média aumentou para 91,7% e o tempo diário de trabalho foi reduzido para 7 horas. Assim, as horas extras foram eliminadas e a lucratividade da indústria aumentou.

Considerando o grande benefício desta modificação, esta empresa poderia avançar e investir no CLP mais atualizado (versão 4.0) que poderia monitorar seu desempenho e compará-lo com outras máquinas similares ou com seu próprio histórico para sugerir automaticamente as ações corretivas do operador, seguindo os conceitos de *Internet of Things*¹ (IoT) propostos pela Indústria 4.0.

Disponibilidade

A disponibilidade do equipamento é um índice percentual que mede a quantidade de tempo que uma máquina produz em comparação com o máximo que pode funcionar quando está em perfeito estado de uso.

A média de disponibilidade de equipamentos na indústria estudada foi baixa (61%) pela contribuição de grandes perdas em paradas que podem ser evitadas: aguardando manutenção (8%) e aguardando matéria-prima (15%). Em outras palavras, um desperdício de espera foi identificado de acordo com o conceito do *Lean Manufacturing*.

Nesta análise foi verificado que a espera por operador pode ser reduzida com um gerenciamento de chamadas de manutenção. Esta é uma maneira de priorizar as chamadas

¹Termo inglês que se refere à internet das coisas: uma rede de objetos físicos, veículos, prédios e outros que possuem tecnologia embarcada, sensores e conexão com rede capaz de coletar e transmitir dados.

de baixa complexidade, ou seja, as chamadas com menor previsão de tempo de resolução ganham prioridade em relação àqueles com maior previsão. Já a espera por material deve ser contornada através do monitoramento do processo anterior, como forma de adiantar o envase de polpas já processadas, por exemplo.

Estima-se que a disponibilidade possa atingir 84% com essas modificações. Ou seja, com a gestão eficiente das chamadas pode alcançar uma melhoria de 37% em relação ao processo atual.

Esses dados indicam que o investimento em um processo de gerenciamento integrado com as máquinas, com chamadas automáticas no momento da detecção de parada pode ser viável, utilizando o CLP (versão 4.0), e pode aproximar a indústria dos conceitos da quarta revolução industrial.

Superprocessamento

Este desperdício é um dos sete estudados pela Manufatura Enxuta. Realizar processamento em um produto além do que o cliente considera valor, além do que eles vão pagar, ou além do que eles estão dispostos a pagar é o superprocessamento.

Durante a análise foram identificados dois desperdícios de superprocessamento: excesso de embalagem plástica e excesso de produto no processo.

O armazenamento do produto em embalagens plásticas de 70 mm de largura pode ser feito em embalagens plásticas de 63 mm de largura. Isto é, pode reduzir o consumo de embalagens plásticas em aproximadamente 10% a partir de ações desencadeadas do resultado de uma simples inspeção.

O desperdício do produto foi identificado após o peso médio do produto indicar a presença de 104% do volume esperado. Como o ajuste para a redução desse valor para 100% é realizado manualmente e varia ao longo do tempo, a opção que se torna viável é a instalação de balanças na saída de cada máquina para realizar pesagem e ajuste automático da dosagem após a passagem de cada unidade de produto. A comunicação entre balança e máquina de envase e o ajuste automático de peso, através do CLP (versão 4.0), podem aproximar o conceito de IoT.

3.3 Definição do Problema

Após realizar visitas (imersão) a algumas empresas da indústria alimentícia do Rio Grande do Norte, foi observada a elevada ineficiência das linhas de produção. Esta ineficiência observada se deu por 2 motivos principais exemplificados a seguir:

- Equipamentos com baixa performance: máquina de envase em indústria de polpa de frutas com capacidade 40% inferior à máxima possível;
Controladores com programação proprietária e fechada limitando a melhoria de performance.
- Linha de produção de refrigerantes com baixa eficiência: produção com eficiência abaixo de 60% devido ao alto índice de parada de máquinas com motivos desconhecidos;
Identificada a falta do registro de ocorrência das máquinas conforme recomendado pela Norma Regulamentadora 12 - NR-12 através do seu artigo 112 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1978).

3.4 Proposta de Valor

A proposta de valor apresentada como solução dos problemas identificados é um CLP capaz de se comunicar de forma sem fio com qualquer dispositivo que agrega as funcionalidades de um CLP comum, incluindo também:

- A praticidade única da programação feita remotamente através de aplicativo para dispositivos móveis (tablet, smartphone, notebook, ...);
- A robustez de poder ser implantado para controlar e monitorar as máquinas, além da conveniência de conectar sensores à rede industrial;
- A eficácia do envio dos dados de parada para um tablet monitor com objetivo de sinalizar a ocorrência para os responsáveis e aumentar a eficiência, diminuindo o tempo de paradas;
- A comodidade do gestor poder acompanhar o índice de eficiência e o percentual de produção planejada realizado;
- Mais possibilidades com o registro das ocorrências em servidor web para análise de “*big data*”² como forma de otimizar a gestão de manutenção e se adequar à NR-12.

Ao agregar todas essas funcionalidades (em maior parte digitais) em um só produto, espera-se que a indústria mundial tenha acesso à tecnologia de ponta por um preço acessível. Ao adquirir o CLP aqui proposto, a indústria poderá pagar o preço de um CLP convencional e levar junto vários benefícios que só é possível hoje com a compra de outros equipamentos.

Além disso, os benefícios gerados atingem diversos setores da cadeia industrial:

²Termo inglês que se refere a um grande conjunto de dados armazenados baseados em 5 V's: velocidade, volume, variedade, veracidade e valor.

A Indústria

Os equipamentos industriais têm, em sua maioria, seu controle realizado por um CLP e permite conexão com dispositivos móveis para o envio de comandos e monitoramento de funcionamento, eliminando a necessidade de compra de Interfaces Homem-Máquina (IHM) de alto custo fornecidas pelos fabricantes de CLP convencionais. Além disto, o CLP permite a conexão com outros dispositivos de forma sem fio, facilitando a integração da planta na ausência de cabos.

O gestor da indústria pode acompanhar em tempo real a eficiência da linha de produção e identificar quais partes do processo apresentam um gargalo para o processo produtivo. Com isto, a indústria utiliza de forma mais eficiente a hora-máquina e hora-homem, reduzindo custos e aumentando a competitividade.

Ao reduzir o tempo para a realização do trabalho, o gestor pode viabilizar a locação de sua linha de produção para outras indústrias como meio de ter um aproveitamento ainda maior de sua planta.

Com a possibilidade de registro de variáveis de funcionamento, sensores e outros parâmetros de configuração em servidor web, o CLP viabiliza a adoção da manutenção preditiva através da análise de “*big data*”. Ao agregar a informação de diversas indústrias, o sistema sugere de forma mais precisa o tempo necessário para realização das manutenções.

O Fabricante de Máquinas Industriais

Os gestores de qualidade dos fabricantes de equipamentos têm acesso aos dados de funcionamento de todas as unidades comercializadas, permitindo o aumento contínuo da qualidade do produto ofertado.

Os técnicos de manutenção têm acesso aos registros de parada, identificando previamente a correção necessária, acessando o equipamento remotamente, em muitos casos, e realizando a programação do CLP, tornando o atendimento ao cliente mais eficiente e menos oneroso.

O fabricante recebe, também, a facilidade da integração de máquinas através da comunicação sem fio, tornando o seu produto mais competitivo diante de um cenário real de Indústria 4.0.

O Técnico de automação autônomo

Qualquer profissional qualificado pode realizar manutenções neste equipamento por ser necessário apenas um aplicativo instalado no smartphone para total controle. Desta

forma o profissional não precisa comprar cabos e softwares proprietários para realizar manutenção, como ocorre com os demais fabricantes. Além disto, pode ampliar seu campo de atuação, tendo em mãos um CLP robusto e completo para oferecer diferentes soluções.

3.5 Canvas

Considerando a proposta de valor desenvolvida, foi elaborado um canvas com o objetivo de viabilizar o modelo de negócio ideal para a entrega do valor aos clientes, conforme apresentado na Figura 3.2.



Figura 3.2: Canvas

3.6 Análise de Mercado

3.6.1 Análise da Concorrência

Existem várias empresas ofertando CLP, IHM, sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)³, monitor de parada de linha e sistema para conexão remota aos CLP. Estas empresas são de porte pequeno a grande porte e dividem o mercado de forma regional.

Os grandes concorrentes, como Siemens, Allen Bradley e Bosch estão presentes em todo o mundo e tem parcelas de mercado diferente em cada região que atuam. Já as pequenas empresas têm parcela significativa de mercado em algumas regiões bem definidas. O principal produto comercializado por eles é o CLP. As demais funcionalidades são oferecidas através de outros produtos vendidos pelo mesmo fabricante ou não. Um grande concorrente nacional é a Altus, empresa sediada no Rio Grande do Sul que oferece soluções integradas a algumas linhas de seus CLPs.

O preço do CLP entre as marcas é próximo e é distinguido através da qualidade. A Potymak pretende oferecer um CLP que agrega vários outros produtos sem custo maior ao CLP encontrado no mercado atualmente, incluindo a possibilidade integração com as plataformas SAP, de monitoramento SCADA e de eficiência de produção que servirão como base para o desenvolvimento da indústria a partir desta nova revolução.

As grandes barreiras de entrada para este produto são o tempo de desenvolvimento, certificações e acesso aos canais de distribuição.

Na Tabela 3.1 pode-se encontrar um comparativo de produtos ofertados por alguns dos principais concorrentes:

³é um Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados, conhecido popularmente como software supervisão, utilizado para monitoramento e supervisionamento de variáveis de plantas industriais

Na Tabela 3.1, pode-se visualizar que a Siemens possui solução para quase todas as funcionalidades aqui apresentadas. Apesar disso, a empresa comercializa os produtos separadamente, acarretando em maior custo para o cliente final e necessidade de contratação de profissional qualificado para instalação de cada equipamento destes.

Desta forma, a Potymak oferta um produto completo pelo preço de um CLP convencional, como forma de possibilitar a venda de outros serviços futuramente. Por outro lado, a Altus apresenta solução com características próximas à proposta e pode apresentar uma forte resistência para a inserção deste produto no mercado.

Por este motivo deseja-se focar na proposta de valor entregue aos fabricantes de máquinas e às indústrias com o foco no desenvolvimento da Indústria 4.0.

Além disto, a Potymak pretende inserir uma barreira de entrada para a concorrência futura vendendo o único CLP do mercado com acesso total remoto, incluindo programação através de dispositivos móveis, protegido através de patente. Como a Potymak apresenta uma solução completa, reduz a presença de concorrência indireta e apresenta mais possibilidades de aplicação.

3.6.2 Tendências

Devido à redução da competitividade industrial e à crise econômica em diversas potências mundiais, o tema “Indústria 4.0” tem sido muito debatido e vários países tem construído diretrizes para alavancar a retomada de crescimento industrial. Acompanhando o desenvolvimento da manufatura avançada, os conceitos de “Internet das Coisas” e “*Big Data*” estão tomando grandes proporções.

Desta forma, a tendência para os próximos anos está vinculada a adoção dessas novas tecnologias. Como a solução da Potymak está intrinsecamente relacionada a essa nova tendência, espera-se que ela se torne referência na proximidade das indústrias de todos os portes com a “Indústria 4.0”.

3.6.3 Prospecção do Mercado

O desenvolvimento do Controlador Lógico Programável Aplicado à Indústria 4.0 permite a exploração de 4 mercados: fabricantes de máquinas e equipamentos; empresas industriais; técnicos de automação e; instituições de ensino de automação industrial.

Este CLP deve ser vendido para os fabricantes de máquinas e técnicos de automação com plataforma aberta para programação, simulação e desenvolvimento de interfaces homem-máquina (IHM) personalizada para seus clientes.

A indústria recebe como benefício máquinas com interfaces mais amigáveis e o monitoramento remoto total de sua produção através de planos de acompanhamento.

As instituições de ensino tem a possibilidade de construir bancadas didáticas de experimentos voltados à internet das coisas.

3.6.4 Escalabilidade

Como forma de realizar uma inserção sólida no mercado, a Potymak pretende estabelecer dois principais canais de distribuição: (i) fabricantes de máquinas e equipamentos industriais; e (ii) técnicos de automação industrial.

Para se firmar entre os fabricantes de máquinas, a Potymak almeja uma parceria com a Associação Brasileira de Fabricantes de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) como forma de facilitar o acesso aos associados.

A inserção do produto nas máquinas antes da venda é estratégica, pois o cliente final (indústria) não precisa realizar a compra de um novo equipamento ou realizar adaptação de seu sistema para aquisição de um dos outros produtos. Como estratégia de fidelização, a indústria receberá a licença gratuita de 6 meses para utilização de todos os serviços vinculados ao CLP aqui proposto.

Por outro lado, a Potymak prepara seu produto para ser de fácil acesso pelos técnicos em qualquer lugar do mundo. O CLP será abastecido de programações padrões para as aplicações mais recorrentes e possuirá um manual de uso interativo como forma de reduzir os custos de implantação e aumentar a concorrência entre estes profissionais.

Como a maior parte do produto é baseado em software, o processo produtivo necessário inicial consistirá apenas na compra dos insumos e na montagem manual. Em estimativa inicial, um funcionário é capaz de montar e testar 2 CLPs por dia. Para produção acima de 200 unidades por mês, deve-se estudar a possibilidade de construir uma pequena linha de produção automática ou de contratar o serviço de montagem terceirizada. Como os fornecedores da maior parte dos insumos são os fabricantes, há a possibilidade de aumento de escala sem prejuízo.

Com o objetivo de expansão internacional, o CLP deverá ser produzido nacionalmente e enviado para distribuidores estrangeiros. As diretrizes de uso do equipamento ficarão disponíveis na internet e também serão construídas na língua inglesa.

3.7 Concepção do Produto

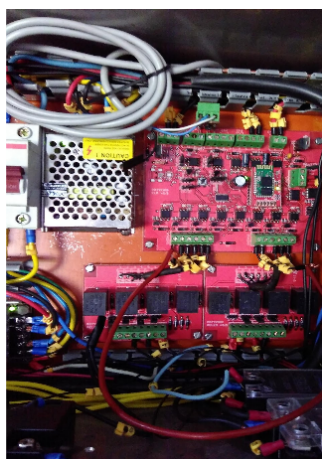
3.7.1 Versão 1.0

O desenvolvimento do primeiro protótipo deste produto teve o objetivo de validar o circuito de recepção dos sinais de sensores e de comandar atuadores. No entanto, durante os primeiros testes, foram verificadas algumas falhas. Dentre elas, destacou-se a sensibilidade aos ruídos gerados por atuadores pneumáticos que culminava no acionamento simultâneo de todas as saídas do controlador.

Como forma de contornar estes problemas, a alimentação do circuito de comando foi separada do circuito de força do controlador, relés foram incluídos para acionamento das saídas e rotinas para mitigar falhas graves de hardware foram implementadas. Devido às grandes alterações desta primeira versão, foi desenvolvida a segunda versão deste CLP.

3.7.2 Versão 2.0

As alterações especificadas após os testes da primeira versão do controlador foram validadas com sucesso e algumas de suas aplicações podem ser visualizadas nas Figuras 3.3 e 3.4. Este primeiro protótipo do hardware construído (Figura 3.3(a)), assim como sua IHM (Figura 3.3(c)), foram validados e utilizados em algumas aplicações simples como máquina de envase e empacotamento (Figura 3.3(b)), quadro de comandos para acionamento de bombas (Figura 3.4(a)) e quadro temporizador para indústria de panificação (Figura 3.4(b)).



(a) Primeiro protótipo validado instalado em máquina de envase.



(b) Máquina de envase de fabricação própria com o primeiro protótipo instalado



(c) Detalhe da IHM personalizada de máquina de envase (com comunicação bluetooth para envio de comandos ao CLP)

Figura 3.3: Aplicação da primeira versão validada do CLP em máquina de envase.



(a) Primeiro protótipo instalado em quadro de comando de bombas



(b) Quadro para temporização de mexedor e registro de paradas com IHM personalizada e controlador da Potymak

Figura 3.4: Aplicação da primeira versão do CLP em comando de bombas e motores.

Especificação Técnica

- Tensão de alimentação 24 VCC;
- 5 entradas digitais NPN;

- 10 saídas digitais NPN para baixa corrente (50 mA);
- Opção de acoplamento de relé nas saídas digitais (10 A para cargas resistivas);
- 1 saída analógica de 7 bits de 0 V a 5 V, 10 V ou 15 V;
- IHM através de aplicativo em smartphone ou tablet com conectividade Bluetooth;
- Processador de 16 MHz;
- Memória Flash de 256 b;
- Memória RAM de 512 b;
- Programação através de linguagem C com compilador e programador proprietários.

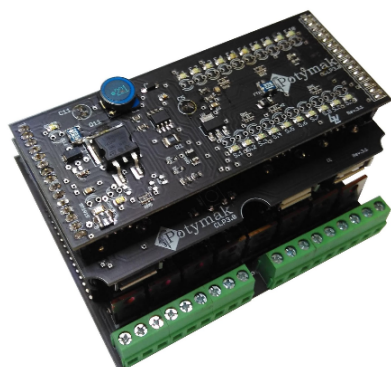
3.7.3 Versão 3.0

Após validação da tecnologia de sensoriamento, comando e comunicação com interfaces em dispositivo móvel (tablet), a Potymak desenvolveu a terceira versão do seu controlador. Nesta implementação, destaca-se:

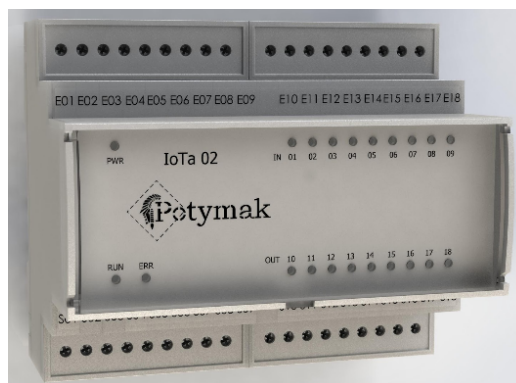
- Inclusão de filtros contra interferências eletromagnéticas;
- Aumento do número de entradas digitais de 5 para 10 (configuráveis como analógicas por hardware);
- Aumento do número de saídas digitais de 8 para 10;
- Aumento do número de saídas analógicas de 1 para 2;
- Inclusão de interface de comunicação serial para realizar conexão e sincronismo entre os CLPs;
- Inclusão de circuito para carga da IHM (tablet);
- Modificação para possibilidade de conexão de módulo bluetooth ou Wifi;
- Desenvolvimento de firmware padrão para receber todos comandos em linguagem ladder⁴;
- Definição de encapsulamento para o hardware.

As imagens do novo protótipo podem ser visualizadas na Figura 3.5. Um modelo tridimensional foi desenvolvido com base em encapsulamento disponível no mercado (Figura 3.5(b)). As placas eletrônicas foram projetadas de acordo com as especificações deste encapsulamento o resultado de sua concepção pode ser visualizada na Figura 3.5(a). Além disto, a montagem do hardware no encapsulamento selecionado pode ser visualizada na Figura 3.5(c).

⁴Linguagem de programação de CLPs desenvolvida de acordo com o padrão IEC 61131-3 (IEC, 2001).



(a) Novo protótipo de hardware montado



(b) Modelo tridimensional projetado para o protótipo



(c) Foto real do protótipo montado e encapsulado

Figura 3.5: Versão 3.0 do CLP.

Após implementação e testes da nova versão do CLP em campo, foram identificadas algumas limitações com relação ao proposto para ele:

- Queda de tensão no regulador do microcontrolador causando falha nos comandos;
- Tempo de atualização mínima de 10 ms (bem acima do tempo de 1 ms encontrado no mercado e requisitado por aplicações mais delicadas);
 - Esta limitação foi dada pela excessiva necessidade de recursos de processamento não atendida pelo microcontrolador utilizado de 16 MHz.
- Impossibilidade de armazenar os comandos ladder na memória flash destinada a dados por sua baixa capacidade (256 bytes);
- Impossibilidade de tratar sinais com alta resolução pela limitação do conversor analógico-digital de 10 bits;
- Baixa resolução (7 bits) da saída analógica.

Especificação Técnica

- Tensão de alimentação 24 VCC;
- 10 entradas selecionáveis por hardware: digitais NPN, digitais PNP ou analógicas de 12 bits;
- 10 saídas digitais PNP de 2 A;
- 2 saídas analógicas de 8 bits variáveis entre 0 V e 5 V, 10 V ou 15 V;
- IHM através de aplicativo em smartphone ou tablet com conectividade Bluetooth;
- Processador de 16 MHz;
- Memória Flash de 116 Kb;
- Memória RAM de 8 Kb;
- Programação através de linguagem estruturada baseada em ladder com compilador e programador proprietários.

3.7.4 Versão 4.0

Como forma de contornar as limitações encontradas na versão 3.0 do CLP, algumas atualizações foram implementadas:

- Inclusão de microcontrolador com arquitetura ARM;
 - Capacidade de processamento: 480 MHz;
 - Capacidade de memória RAM: 256KB;
 - Capacidade de memória flash dedicada a dados: 256KB;
 - Inclusão de conversor analógico-digital de 12 bits.
- Inclusão de conversor digital-analógico de 12 bits;
- Inclusão de estágio de regulação de tensão intermediário: Regulação de 24 V para 9V como forma de reduzir a dissipação de calor no regulador de 3,3 V do circuito do microcontrolador.

Apesar das novas atualizações, a estrutura física do controlador e do seu encapsulamento foram mantidos conforme a versão anterior.

Com os novos atributos deste CLP, tem-se uma maior possibilidade de aproximação ao estágio de visibilidade (SCHUH et al., 2017). Após inserção da conectividade com o Bluetooth e Wifi, a implantação de um sistema para monitoramento das máquinas se torna facilitada.

- Tensão de alimentação 24 VCC;
- 10 entradas selecionáveis por hardware: digitais NPN, digitais PNP ou analógicas de 12 bits;

- 10 saídas digitais PNP de 2 A;
- 4 saídas analógicas de 12 bits variável entre 0 V e 5 V, 10 V ou 15 V;
- Processador ARM de 480 MHz;
- Memória Flash de 1.024 Kb;
- Memória RAM de 256 Kb;
- Programação em ladder através de aplicativo em smartphone ou tablet com conectividade Wifi;
- Possibilita conexão TCP para monitoramento de status e funcionamento.

3.8 Proteção Industrial do Trabalho Desenvolvido

Após realizar prospecção tecnológica do produto desenvolvido e suas funcionalidades através do portal Espacenet, foi identificado que muitas funcionalidades não são passíveis de proteção. Entretanto, a proposta apresentada de gravação através de dispositivo móvel utilizando a programação como uma forma de código estruturado (traduzido a partir da linguagem ladder) a ser armazenado em memória de dados não volátil para posterior interpretação pelo programa (firmware) do CLP não apresentou resultados relevantes na busca realizada.

Desta forma, seguindo o método descrito na seção 3.1.2, foi possível delimitar o processo passível de proteção. Seguindo o método proposto, foi obtido como resultado da prospecção:

- Definição do filtro da busca: PLC AND (UPDAT* OR UPGRAD*) no título ou *abstract* AND (G05B OR G06F OR G08C) na classificação IPC;
- Primeira lista com base no filtro definido com 264 patentes;
- 104 patentes após realizar o filtro por título;
- 42 patentes após realizar o filtro por *abstract*;
- 8 patentes após realizar o filtro por campo da invenção e reivindicações das quais 2 apenas foram depositadas, 3 estão em exame, 1 em recurso pós rejeição e 2 patentes concedidas.

Considerando as patentes mais relacionadas ao invento proposto, foram realizadas as devidas redações e revisões resultando no depósito sob o registro BR 10 2018 007085 1 no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) com data de prioridade em 07 de abril de 2018.

3.9 Síntese do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o processo de desenvolvimento do produto através de: imersão no ambiente do cliente; definição do problema; adequação de proposta de valor para os envolvidos à solução apresentada; construção de um *Business Model Canvas*; análise de tendências, concorrência e mercado; desenvolvimento de protótipo, validações e otimizações e; proteção industrial do trabalho desenvolvido.

Na Figura 3.1 é apresentado um fluxograma como método para desenvolvimento da patente. Uma solução para controle e monitoramento foi desenvolvido com base nas propostas de valor encontrados no canvas apresentado.

Como forma de análise mercadológica, foi realizado um estudo dos concorrentes e do valor apresentado por eles podendo ser visualizado na Tabela 3.1.

Na prospecção tecnológica realizada foi obtido um resultado positivo (ineditismo) no processo utilizado para programação e execução do programa do controlador, que foi, então, o foco da proteção intelectual.

Capítulo 4

Memorial Empreendedor

Neste capítulo é exposta a caminhada e experiência acumulada pelo empreendedor do seu início até a conclusão do mestrado profissional.

4.1 Potychip

A Potychip foi responsável pelas primeiras experiências com empreendedorismo e com ambiente de startup. O ingresso à empresa se deu como estagiário em junho de 2010, após cursar os primeiros três períodos da graduação engenharia elétrica.

Após seis meses de estágio (em janeiro de 2011) o então estagiário foi convidado a fazer parte do quadro societário da Potychip, que o fez participar mais efetivamente dos projetos com funções técnicas e administrativas.

4.1.1 Edital Primeira Empresa Inovadora - PRIME

A execução do projeto da FINEP foi gerido pelo Parque Tecnológico da Paraíba no período de 2009 a 2010.

O projeto aprovado neste edital foi o "Sistema de Gerenciamento Inteligente para Aquicultura". Projeto com o objetivo de auxiliar no monitoramento automático da produção de organismos aquáticos de água doce ou salgada (camarão, larvas, peixes e algas) devido a necessidade de um técnico avaliando as variáveis ambientais (pH, oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura) de forma manual continuamente durante o dia e a noite, atividade que pode aumentar as incertezas no cultivo destes crustáceos.

Durante o período deste edital, o empreendedor fez parte do planejamento de execução das atividades e comandou o desenvolvimento do software responsável por receber os dados coletados tratá-los e disponibilizá-los para o produtor.

Após finalização da execução do edital, percebeu-se a necessidade de desenvolver projetos mais simples para reduzir o tempo de inserção no mercado (*time to market*) e,

consequentemente, obter um rápido retorno financeiro.

4.1.2 Edital Pappe Subvenção

O edital Pappe Subvenção aprovado em 2008 foi gerido pela Fundação de Apoio à Pesquisa do RN (FAPERN) durante o período de 2009 a 2011.

O projeto aprovado neste edital foi o "Sistema Inteligente de Automação Residencial". Com o objetivo facilitar a rotina doméstica do ser humano, a Potychip propôs desenvolver dispositivos (sensores e atuadores) capazes de se comunicar de forma sem fio com uma central inteligente que pode identificar as ações do usuário e sugerir acionamento de iluminação, persianas, controle de temperatura, entre outras funcionalidades.

O empreendedor participou, durante o período de execução deste projeto, da especificação e desenvolvimento de hardware e software, além da implantação da matriz Casa de Qualidade (QFD) como forma de avaliação e confronto entre as necessidades dos clientes e os requisitos de projeto.

Com o desenvolvimento deste projeto, a ideia de conceber um projeto simples para reduzir o tempo de inserção no mercado foi consolidada, além de perceber a limitação durante a execução de editais de subvenção de determinar a impossibilidade de conclusão do projeto previsto e poder mudar o rumo do desenvolvimento.

4.1.3 Edital Pappe Integração

Tendo em vista a necessidade de conclusão do projeto "Sistema de Gerenciamento Inteligente para Aquicultura", o projeto foi re-submetido em mais um edital da FAPERN, em 2011.

Durante a execução deste edital (entre 2012 e 2013), foi priorizado o desenvolvimento do produto de acordo com as principais necessidades dos clientes devido à prévia quebra da barreira tecnológica.

Com a maior dedicação no desenvolvimento do negócio, foram priorizados o desenvolvimento de hardware e software mínimo para atendimento à necessidade do cliente, o estabelecimento de parcerias para os testes do produto, assim como a redação da patente do sistema.

4.2 Zigtec

Ainda em 2011 foi criada a empresa Zigtec com o objetivo de gerir de forma independente o "Sistema de Gerenciamento Inteligente para Aquicultura".

4.2.1 Edital Startup Brasil

Ao finalizar o prazo de execução do Edital Pape Integração, em 2013, o projeto "Sistema de Gerenciamento Inteligente para Aquicultura" foi submetido no Edital Startup Brasil, ao final de 2013, com o objetivo de finalizar o desenvolvimento do projeto e acelerar as vendas. Neste período a empresa foi acelerada pela Outsource Brazil, no Rio de Janeiro, e divulgou seu produto em feira realizada em Fortaleza.

Devido ao longo tempo para consolidação dos primeiros contratos, mesmo com grandes interessados, a equipe decidiu por descontinuar o produto.

4.3 Potymak

A Potymak foi criada em 2015 sob a fusão da Potychip com a Makplan, empresa de comércio de equipamentos para marcação industrial e serviços de manutenção industrial com mais de 10 anos de atuação no mercado potiguar.

Devido à experiência anterior com produtos inovadores, a Potymak iniciou sua operação, e a mantém, realizando a comercialização de seus produtos antes mesmo do desenvolvimento. Esta atitude eliminou o problema do retardo para inserção no mercado após desenvolvimento.

4.3.1 Desenvolvimento de Controladores

O início do trabalho da Potymak foi marcado pelo desenvolvimento de um controlador comandado por uma Interface Homem-Máquina diferente das encontradas normalmente na indústria. O controlador recebeu a inovação do comando digital via aplicativo Android em tablet, possuindo custo cerca de 10 vezes menor das interfaces utilizadas normalmente.

4.3.2 Fabricação de Máquinas Industriais

Como meio de ampliar a inserção dos controladores no mercado industrial, a Potymak iniciou a fabricação de sua própria linha de máquinas industriais para incluir seus controladores.

Com isto, uma das maiores dificuldades encontradas na caminhada foi sanada: encontrar o primeiro canal constante para comercialização do produto desenvolvido.

Como resultado, a Potymak já comercializou mais de 40 CLPs embarcados em suas máquinas, equipamentos e demais soluções.

4.3.3 Consultoria em Eficiência Produtiva

Para fechar o meio de divulgação dos benefícios dos equipamentos desenvolvidos, a Potymak realiza consultorias em eficiência produtiva para expor os benefícios das tecnologias digitais aplicadas às plantas fabris.

4.4 Contribuição do Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Inovação no Desenvolvimento do Trabalho

O mestrado se mostrou peça fundamental no desenvolvimento deste produto através do compartilhamento de experiências entre os discentes e a apresentação de novos conceitos através dos docentes e suas disciplinas. A seguir estão pontuadas as principais contribuições recebidas durante as disciplinas cursadas no programa.

4.4.1 Inovação e Inteligência Competitiva

Disciplina importante para o aprofundamento nos conceitos e aplicação da mineração de dados e suas possibilidades. Foi através desta disciplina que se pôde perceber a possibilidade de analisar dados de várias máquinas, em várias indústrias, para se observar padrões e sugerir melhorias ou indicar pontos com necessidade de atenção.

4.4.2 Metodologias e Ferramentas para o Desenvolvimento de Novos Produtos e Novos Negócios

Disciplina essencial para o conhecimento de ferramentas que auxiliam o projeto e desenvolvimento de produtos inovadores, assim como a identificação de problemas e proposição de soluções simples. Utilizando as ferramentas nela expostas foi possível identificar os reais problemas das indústrias locais e as soluções em sua visão mais elementar.

4.4.3 Gestão de Projetos

Disciplina necessária para o entendimento de ferramentas utilizadas na gestão e operação eficiente de projetos. O conhecimento apresentado foi de extrema importância para o uso adequado das ferramentas de gestão disponíveis.

4.4.4 Probabilidade e Estatística Descritiva para Gestores

Esta disciplina foi fundamental para auxílio nas análises estatísticas desenvolvidas na indústria assim como sua apresentação. Ela se mostrou como uma ótima possibilidade de apoio direcionado para melhoria da apresentação do produto e seus benefícios.

4.4.5 Gêneros Discursivos em Inovação

Disciplina crucial para o bom entendimento da metodologia da investigação científica e dos benefícios da publicação dos estudos e resultados alcançados durante o desenvolvimento do produto. Houve um grande benefício ao perceber no decurso da disciplina a necessidade de estudar e incentivar a difusão do conhecimento tecnológico para a aceleração do desenvolvimento industrial.

4.4.6 Tópicos Avançados em Desenvolvimento de Tecnologias para a Inovação

Esta disciplina se mostrou primordial para a difusão do conhecimento acerca de sistemas embarcados. Nela foi possível revisar as necessidades e requisitos dos usuários e entender melhor o processo de definição de requisitos de projeto e do escopo de desenvolvimento focado na necessidade do cliente.

4.4.7 Desenvolvimento da Rede de Contatos

Outra aptidão desenvolvida durante o decurso deste trabalho foi a utilização dos recursos disponíveis para acelerar o processo de desenvolvimento e viabilizar a inserção de novas funcionalidades e a execução de algumas atividades.

Na fase final de desenvolvimento (otimização do CLP para a versão 4.0) contou-se com o auxílio e a parceria do Engenheiro Adauto Luis para redação da patente, do Engenheiro Danilo Pena para definição da nova plataforma de processamento, do Engenheiro Gerffeson Almeida para atualização do projeto de hardware, do Engenheiro José Sales para adequação e implementação do novo firmware e da empresa EnergyNow para desenvolvimento do software para gestão das informações geradas pelo CLP.

4.5 Síntese do Capítulo

Neste capítulo foi descrita a trajetória empreendedora do aluno e as experiências acumuladas ao longo da operação de 3 empresas das quais participou. Além disto, foi

exposta a significativa contribuição do Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Inovação no suporte ao desenvolvimento deste trabalho.

Capítulo 5

Considerações Finais

5.1 Plano de Inovação

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi verificada a necessidade da definição de um plano de inovação, similar ao *roadmap* proposto por Schuh et al. (2017). Ao considerar o tempo de desenvolvimento do produto e o tempo de maturação no mercado se torna necessário elaborar um planejamento de entregas fracionadas e contínuas.

No caso do CLP, foram adotadas entregas conforme necessidades apresentadas pelos clientes. Desta forma, as propostas comercializadas obtiveram complexidade progressiva no desenvolvimento técnico do CLP. Inicialmente, foi desenvolvido um controlador com interface amigável em tablet para atender às necessidades de aplicações controle de tempo preciso. Em seguida, foi desenvolvido um firmware modular para interpretação de comandos ladder, além de uma aplicação modular para montagem das telas da interface gráfica, para atender às crescentes demandas de novos projetos.

Por fim, estão sendo desenvolvidas as interfaces gráficas para auxiliar na programação do CLP e da IHM como forma de facilitar o acesso para os técnicos em automação e fabricantes de máquinas. Desta forma, espera-se que não seja necessária a intervenção da equipe da Potymak na parametrização do equipamento e instalação na aplicação desejada.

De acordo com o processo contínuo de desenvolvimento estabelecido, foi possível realizar uma rápida inserção no mercado, além de garantir (através do retorno financeiro) as atualizações constantes e expansão no mercado.

5.2 Considerações Gerais

Durante o desenvolvimento desta tecnologia foram identificadas etapas essenciais para o crescimento de qualquer startup.

5.2.1 Imersão

A etapa de imersão é necessária para que o problema seja identificado e para que se possa definir a melhor solução para o mesmo. Mantendo sempre o contato e diálogo com o cliente, o risco de desenvolver algo desnecessário se torna bastante reduzido. Para o caso do CLP IoTa, percebeu-se a necessidade do monitoramento da produção em fábricas que não possuem pessoal qualificado para selecionar os equipamentos necessários de aquisição de dados e configurar todos equipamentos. Desta forma, há uma abertura para a inserção de produtos de fácil configuração.

5.2.2 Validação do Interesse

Uma forma eficiente de validar o real interesse do cliente é vender a solução antes mesmo que seja desenvolvida. Isto pode ser feito através de um contrato de risco com um pagamento mínimo inicial. Neste momento, há uma separação entre aqueles que acham a ideia interessante e abrem as portas de sua empresa para testes e os que realmente estão interessados em ver a solução em funcionamento. Não há motivo para desenvolver algo que ninguém aposte uma quantia mínima para ter a possibilidade de solucionar um grande problema.

5.2.3 Validação do Mercado

Mesmo após a validação do interesse do cliente e testes do MVP (Mínimo Produto Viável), há um grande caminho até a venda em massa. Para reduzir esse tempo, deve-se se associar ao canal de venda de interesse mais próximo à tecnologia desenvolvida. No caso do CLP aqui desenvolvido, a partir do momento que não foi possível realizar a venda para um fabricante de máquinas, a Potymak iniciou a fabricação de sua própria linha de máquinas de empacotamento. Desta forma, foi possível aplicar a solução em novas máquinas e entregá-las diretamente a diversos clientes.

5.2.4 Monetização

Devido à necessidade de uma rápida monetização, a possibilidade de rentabilizar o negócio com serviços afins (soluções de simples controle por exemplo) se torna uma boa opção para manter a empresa ativa até a finalização do desenvolvimento da solução e/ou até alcançar um bom número de vendas da solução em questão.

5.2.5 Cultura

Apesar de todos os esforços envolvidos, deve-se sempre atentar para a cultura dos clientes-alvo. Um plano de capacitação e criação de interesse contínuo deve ser implementado desde o início do desenvolvimento da solução. Para o caso do produto aqui descrito, houve um investimento em consultorias em eficiência produtiva como forma de comprovar para os gestores a necessidade de intervenção para se obter redução de custos e ampliar os lucros.

Além disto, foram desenvolvidos esforços para implantação através de instituições-chave de ações que promovam a inserção dos conceitos da Indústria 4.0 no dia-a-dia da indústria local. Os esforços concentram-se na maior proximidade do Senai com cursos de capacitação e consultorias e na participação da UFRN como meio de desenvolvimento de soluções.

5.3 Trabalhos Futuros

Como continuação dos estudos realizados neste projeto, propõe-se o desenvolvimento de interface de gestão de eficiência com comunicação diretamente com o CLP, além de expandir as aplicações através de comunicação TCP com outros equipamentos. Estas atualizações permitirão:

- Facilitar o acesso e a manutenção do CLP;
- Realizar a gestão de desempenho das máquinas e linhas de produção para maximização de lucros;
- Definir prioridade na manutenção de equipamentos com base no impacto e dificuldade de conserto;
- Manter a gestão de manutenção com histórico de reparos e reposições de cada máquina individualmente.

Referências Bibliográficas

ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, v. 107, n. 1, p. 223 – 236, 2007. ISSN 0925-5273. Special Section on Building Core-Competence through Operational Excellence. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527306002258>>.

CHAUHAN, G.; SINGH, T. P. Lean manufacturing through management of labor and machine flexibility : A comprehensive review. *Global Journal of Flexible Systems Management*, v. 12, n. 1, p. 59–80, Jan 2011. ISSN 0974-0198. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF03396599>>.

CNI. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. *Sondagem Especial*, n. 2, 2016. ISSN 2317-7330. Disponível em: <https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/e0/aa/e0aabd52-53ee-4fd8-82ba-9a0ffd192db8/sondespecial_industria40_abril2016.pdf>.

GRABILL, S. T. Driving oee: a strategy for business results: measuring overall equipment effectiveness can influence facility productivity. *Plant Engineering*, v. 66, n. 8, p. 41+, 2012.

IEC. *IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems: Concepts and programming languages, requirements for programming systems, aids to decision-making tools*. 2001.

KAGERMANN, H. et al. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: Securing the future of german manufacturing industry; final report of the industrie 4.0 working group. Forschungsunion, 2013.

KERNS, J. 4 control trends that you can't ignore: smart devices and iiot are driving the demand for more open software-controlled systems. *Machine Design*, p. 52+, Feb. 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS*. 1978. 96 p.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 9, n. 3, p. 811–833, 2016. ISSN 2013-0953.

SCHUH, G. et al. Industrie 4.0 maturity index. managing the digital transformation of companies (acatech study). 2017.

SINGH, R. et al. Overall equipment effectiveness (oee) calculation - automation through hardware & software development. *Procedia Engineering*, v. 51, p. 579 – 584, 2013. ISSN 1877-7058. Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd Nirma University International Conference on Engineering (NUiCONE2012). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813000830>>.