



FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

DEFINIÇÃO DE Sensores IO-LINK PARA APLICAÇÕES EM PROCESSOS METALÚRGICOS DE SOLDAGEM

DEFINITION OF IO-LINK SENSORS FOR APPLICATIONS IN METALLURGICAL WELDING PROCESSES

Aldrigis Moura da Silva^{1, i}
Thiago Tadeu Amici^{2, ii}
Vicente Gomes de Oliveira Júnior^{3, iii}
Jorge Antonio Giles Ferrer^{4, iv}

RESUMO

Este artigo científico ressalta a necessidade de conhecimento sobre diversos tipos de sensores industriais, principalmente dos que possuem tecnologia IO-Link, bem como a análise dos processos atuais de manufatura industrializada. Deve-se averiguar os tipos de ambiente aonde será feita a instalação de cada tipo de sensor, levando-se sempre em consideração a luminosidade, a temperatura, a vibração, os campos eletromagnéticos, a umidade, e outras variáveis possíveis existentes nas plantas industriais. Cada modelo de sensor possui suas peculiaridades e reage de forma diferente dependendo do ambiente aonde será aplicado. Logo, realizar a escolha certa do sensor poderá aumentar a segurança em seu processo fabril, diminuir o desperdício de matéria prima, preparar para futuras integrações e aumentar a vida útil de uma máquina ou dispositivos. Com isso este artigo mostra as vantagens da substituição de um sensor indutivo convencional, por um sensor óptico IO-Link, preparando o ambiente fabril para a indústria 4.0.

ABSTRACT

This scientific article highlights the need for knowledge about various types of industrial sensors, especially those with IO-Link technology, as well as the analysis of current industrialized manufacturing processes. You must evaluate the types of environment where each type of sensor will be installed, always taking it to consider a luminosity, a temperature, a vibration, electromagnetic fields, a recording and other variable variable in industrial plants. Each sensor model has its own peculiarities and reacts differently depending on the environment in which it will be applied. Once you make the right choice of sensor, you can increase safety in your manufacturing process, reduce waste of raw materials, prepare for

¹Pós-graduado em Indústria 4.0. Programador de máquinas e equipamentos na empresa AMA MEI. E-mail: aldriguesm@hotmail.com

²Mestre em Controle e Automação de Processos. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: thiago.amici@sp.senai.br

³Mestre em Engenharia Mecânica. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: vgomes@sp.senai.br

⁴Doutor em Engenharia Mecânica. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: Jorge.ferrer@sp.senai.br

future integrations, and extend the life of a machine or devices. This article shows the advantages of replacing a conventional inductive sensor with an IO-Link optical sensor, preparing the manufacturing environment for industry 4.0.

Data de submissão: (14/05/2019)

Data de aprovação: (21/06/2019)

1 INTRODUÇÃO

Sensor é o termo empregado para designar dispositivo sensível a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição etc. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2009, p. 17).

Os sensores são uma parte crucial de qualquer processo industrial. Normalmente possuem vários formatos e tamanhos. Para diversos segmentos, possuem baixo custo se comparado com máquinas as quais eles integram, e todos os dias surgem novos tipos de sensores no mercado.

Os sensores também são responsáveis por grande parte da segurança de máquinas e processos, garantido assim a integridade dos colaboradores e patrimônio da empresa. Hoje, cada vez é mais cobrada a implantação da norma regulamentadora (NR-12) nas empresas para garantir a segurança de ambas as partes.

1.1 Sensores Ópticos Laser

O princípio de funcionamento do sensor óptico baseia-se na existência de um emissor e de um receptor. A luz gerada pelo emissor deve atingir o receptor com intensidade suficiente para fazer com que o sensor comute sua saída. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2009).

Os sensores ópticos a laser tem como objetivo detectar a presença de um objeto com a precisão milimétrica para aplicações industriais.

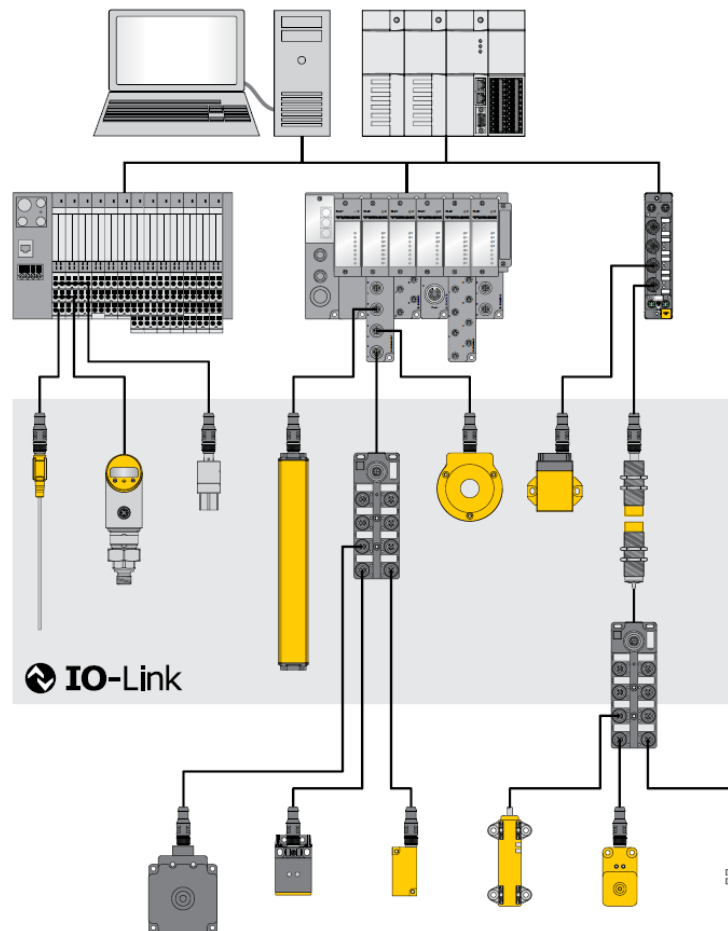
Esses sensores são usados em vários tipos de medidas de altura, espessura e vibração necessárias na indústria processos de fabricação, por exemplo, bem como em câmeras de baixo custo para fornecer a distância do alvo para o mecanismo de autofoco. (SEIKOSHA CORP. 1994).

Outras aplicações destes sensores incluem vários tipos de medição como as de posição, movimento, vibração, alinhamento, nivelamento, ângulos de medidas e aplicações de rastreamento de feixe.

1.2 Descrições do sistema IO-Link

Conforme indicado na Figura 1, o padrão de interface aberta IO-Link, oferece uma comunicação neutra em um barramento (BUS) de campo entre o nível de dispositivo e o nível de controle.

Figura 1 – Topologia de rede e ligação de periféricos de sistema de controle



Fonte: Turck (2018, p. 8).

Este protocolo, possui uma conexão serial ponto a ponto, que faz a comunicação digital half-duplex e o fornecimento de energia. Um sistema IO-Link consiste tipicamente de um mestre IO-Link e um *gateway* IO-Link, que fornece uma ou mais portas principais, cada uma das quais está conectada a um único dispositivo IO-Link. Os dispositivos podem ser sensores, atuadores, leitores RFID, válvulas, partidas de motores ou módulos simples de entradas e saídas (E/S), contendo as seguintes características do protocolo:

- a) dados de identificação, processo e diagnóstico;
- b) conexão ponto a ponto (comprimento máximo do cabo de 20 m);
- c) propriedades de comunicação disponível.

São necessários pelo menos um mestre e um dispositivo IO-LINK, como por exemplo, sensores ou atuadores para efetuar a comunicação IO-Link. O mestre e o dispositivo IO-Link são interconectados através de um cabo não blindado que possui três ou cinco fios para trocarem dados e energia.

A configuração pode ser realizada com uma ferramenta de configuração ou através do nível do barramento de campo. O mestre pode ter várias portas IO-Link, e somente um dispositivo IO-Link pode estar conectado em cada porta. As ferramentas e funções padrão são fornecidas para a integração, comissionamento e configuração da comunicação IO-Link.

As propriedades de comunicação, parâmetros do dispositivo, dados de identificação, processo, diagnóstico e dispositivo são atribuídos a índices fixos no IODD, via quais os parâmetros podem ser controlados. (TURCK, 2018).

O sistema IO-Link oferece vários benefícios para a conexão de sensores e atuadores, pois possui um padrão aberto. De acordo com *IEC 61131-9*, seus dispositivos podem ser integrados da mesma maneira em todos os *fieldbus* comumente usados em sistemas de automação, apresenta gerenciamento central de dados e configuração rápida com parâmetros dinâmicos para sensores e atuadores. Apresenta Comunicação consistente entre sensores, atuadores e o controlador, obtendo acesso a todos os dados do processo, diagnósticos e informações do dispositivo, conduzindo ao menor esforço para solução de problemas, diminuindo o risco de falhas e ajudando na manutenção preditiva e preventiva. (IO-LINK, 2016).

A combinação de sensores de alto desempenho com tecnologia de rede industrial inteligente, que se baseia no padrão de comunicação IO-Link, possibilita uma troca de informações em todos os níveis de produção, integrando os sensores no nível de chão de fábrica.

1.3 Problema de Pesquisa

O problema de pesquisa se inicia na área de metalurgia, com as dificuldades de se empregar sensores no segmento produtivo, pois as folhas de aço flandres possuem espelhamento devido seu grau de estanho.

A empresa realiza a aquisição de lotes variados de folhas de aço flandres para seu processo produtivo, o que causa variações entre o estanho dos diversos lotes comprados, dificultando assim a padronização na detecção de possíveis erros de litografia, que é o processo no qual uma superfície recebe imagens impressas.

Um dos problemas mais críticos está em encontrar sensores indutivos de 5mm de diâmetro com alto grau de exatidão, que sejam imunes a campo magnético para serem alojados na coroa, conforme mostra a figura 2. A coroa é uma estrutura que sustenta o corpo das latas ao serem soldadas pelas eletrosoldas.

Figura 2 – Coroa de soldagem com sensor a laser



Fonte: Elaborado pelo autor.

Estes sensores definem a área do início e do final da lata que não recebe solda comumente chamada de ponto de reserva de solda dos corpos das embalagens metálicas. A falta de precisão na detecção dos sensores atuais resulta na falta ou excesso de reserva nas latas.

Os sensores ópticos não necessitam estar em constante contato com o material a ser reconhecido, e podem estar a uma distância considerável do objeto.

Na condição atual, os fabricantes de eletrosoldas utilizam sensores indutivos de 5mm de diâmetro com distância de detecção (Sn) de 0,8mm, para a detecção dos corpos das latas a serem soldadas. O fato de o sensor ter pouco alcance ocasiona na sua perda, devido ao contato mecânico com as peças.

O custo atual deste sensor indutivo é de R\$ 830,00 reais e são utilizados dois em cada eletrosolda. Como em dias anormais chegam a ser destruídos quatro sensores em um turno de trabalho, a aplicação destes sensores no processo se torna inviável financeiramente.

Logo, este artigo mostra a viabilidade de se aplicar sensores de detecção óptica com tecnologia IO-Link para resolver os problemas atuais.

2 OBJETIVO

O artigo tem como objetivo demonstrar a substituição de sensores indutivos por sensores ópticos IO-Link, a fim de aprimorar a tecnologia da empresa, preparando-a para futuras integrações com outras tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Para que isto seja possível, deve-se medir a área de alojamento do sensor, medir o seu alcance máximo de fixação, analisar seu grau de exatidão e repetibilidade, e definir a sua marca e modelo.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Análise inicial

Consistiu-se em observar e quantificar os sensores que eram danificados durante o mês no decorrer do processo de solda das latas.

A principal causa detectada foi o desgaste por contato mecânico com as peças a serem detectadas. As outras causas foram a má instalação dos sensores pelos responsáveis das linhas de produção, e a displicência dos operadores que forçavam as latas amassadas contra os sensores nas gaiolas de solda.

Isto gerava uma perda significativa de recursos financeiros com a compra de novos sensores, que poderiam ser aplicados em outras melhorias na planta fabril.

3.2 Levantamento de dados

Foram realizados os seguintes levantamentos:

- a) custo de cada parada R\$ 2.900,00 reais;
- b) limitações técnicas atuais;
- c) mudança da posição da instalação dos sensores;
- d) marca e modelo dos sensores atuais que se encontravam instalados.

Após isto os fabricantes dos sensores atuais foram consultados, com o objetivo de efetuarem a substituição por um sensor com as mesmas características e uma distância de detecção maior. Infelizmente, eles não possuíam um sensor indutivo com essas características solicitadas.

Outra estratégia adotada foi a procura por um sensor que atendesse as especificações técnicas e produtivas das máquinas, mas que tivesse uma distância de detecção (Sn) ampla para evitar o contato com as peças a serem detectadas e que possuísse certa robustez.

Aumentando o range de detecção sem contato físico, os sensores fotoelétricos são capazes de detectar não só partes e peças de máquinas automáticas, mas os próprios produtos manufaturados na linha de produção.

3.3 Projeto

As seguintes etapas foram seguidas pelo projeto:

- a) levantar os custos do novo sensor;
- b) propor a melhoria a gerencial industrial;
- c) justificar o retorno financeiro do seu projeto em tempo e valores;
- d) solicitar recursos financeiros junto à administração financeira;
- e) programar a parada da máquina com a gerência industrial;
- f) notificar o SESMT da empresa de seu projeto;
- g) definir os trabalhadores do projeto;
- h) realizar a limpeza da área;
- i) retirar o sensor atual;
- j) realizar furação da base do novo sensor na gaiola;
- k) posicionar o novo sensor;
- l) analisar a distância adequada para melhor detecção;
- m) conferir e mensurar as respostas do novo sensor;
- n) acompanhar a produção da máquina após a instalação do novo sensor;
- o) notificar a gerência industrial se tudo ocorreu como previsto.

3.4 Especificações do sensor atual

Na figura 3, pode-se observar o sensor atual instalado nas eletrosoldas, que é da marca Balluff e possui o código BES M05ED-PSD08B-BP00,3-GS49-R03.

Figura 3 – Sensor indutivo



Fonte: Balluff Controles Elétricos Ltda (2018b).

A seguir o Quadro1, apresenta as suas especificações e características técnicas:

Quadro 1 – Especificação sensor indutivo

Especificação	Característica
Formato construtivo:	M5x0,5
Saída de comutação PNP:	(NA)
Material do invólucro:	Aço inoxidável
Tensão de serviço UB:	10...30 VDC
Alcance (Sn):	0.8 mm
Dimensões:	Ø 5 x 27 mm
Tipo de ligação cabo conector:	0.30 m, PUR
Resistência à pressão:	máx.100 bar
Temperatura ambiente:	-25...70 °C
Frequência de comutação	3000 Hz
Instalação	Faceado
Classe de proteção	IEC 60529: IP67
Certificação/conformidade:	CE, cULus, EAC, WEEE

Fonte: Elaborado pelo autor adaptado do manual (BALLUFF, 2018b)

Na figura 4, pode-se observar o novo sensor IO-Link especificado, que é da marca Banner e possui o código LE250KG. Este é o sensor que será instalado na área da gaiola para efetuar as medições das latas a uma distância maior.

Figura 4 – Sensor óptico



Fonte: Banner do Brasil (2018).

A seguir o Quadro 2, apresenta as suas especificações e características técnicas:
Quadro 2 – Especificação sensor laser

Especificação	Característica
Modo de detecção de deslocamento:	Sensor a laser
Tensão de operação:	12 a 30 VCC
Consumo atual:	70mA
Fonte de luz:	Diodo Laser Vm 650nm
Distância de detecção (Sn):	100 a 400mm
Tamanho do ponto:	Ø1mm a 80mm
Repetibilidade:	0,375 mm a 10 mm
Tempo de resposta:	1,5 ms
Saída de Controle:	Push/Pull; IO-Link
Temperatura de operação:	-10 a + 50 ° C
Proteção:	IP 67

Fonte: Elaborado pelo autor adaptado do manual (BALLUFF, 2018)

Este sensor ficará conectado na remota IO-Link Profinet da figura 5, que também foi especificada para o projeto. Essa remota é da marca Balluff e possui o código BNI005H.

Figura 5 – Remota IO-Link Profinet



Fonte: Balluff Controles Elétricos Ltda (2018a).

A remota possui oito distribuidores ativos em rede I/O LINK, dois conectores de alimentação e dois com interface Profinet I/O. No Quadro 3 estão dispostas de forma mais detalhada, as suas outras especificações técnicas.

Quadro 3 – Especificação da remota IO-Link Profinet

Especificação	Característica
Tensão de serviço UB:	18...30.2 VDC
Conexão (COM 1):	M12x1-Tomada, 4-polos, D-codificado
Conexão (COM 2):	M12x1-Tomada, 4-polos, D-codificado
Conexão, locais de conexão:	8xM12x1-Tomada, 5-polos, A-codificado
Conexão (alimentação de tensão IN):	7/8"-Conector, 5-polos
Conexão (alimentação de tensão OUT):	7/8"-Tomada, 5-polos
Entradas digitais:	16x PNP, tipo 3
Saída digitais:	16x PNP
Entradas/saídas configuráveis:	Sim
Corrente de saída:	máx. 2A
Corrente total UA:	atuador 9.0 A
Material do invólucro:	Zinco, Fundição sob pressão
Dimensões:	68 x 37.9 x 224 mm
Temperatura ambiente:	-5...70 °C
Classe de proteção:	IP67
Interfaces suplementares:	8x IO-Link
Versão:	IO-Link 1.1
Classe da porta:	Type A

Fonte: Elaborado pelo autor adaptado do manual (BALLUF, 2018a)

3.5 Testes

Foram realizados testes no dia da parada programada, fixando-se o novo sensor modelo LE250KG, a 400 mm do corpo metálico a ser detectado.

Foi feita a partida da máquina em modo manual soldando uma lata por vez, e não houve exatidão na resposta. Então foi posicionado uma lata metálica na gaiola para ajustar o ponto de detecção de entrada, pois na gaiola existem dois sensores, um da entrada de solda e outro da saída de solda.

Como o ângulo de trabalho do sensor influencia muito em sua resposta, o sensor foi inclinado em 15 graus e encontrou-se um novo ângulo de trabalho, mais próximo da saída do corpo metálico, no qual se obteve o sinal desejado.

Após realizar ajustes no seu controle digital, o sensor apresentou boa estabilidade e exatidão em sua resposta. O sensor não sofreu influência do campo magnético dos roletes de solda, que era um dos problemas a solucionar, pois este é imune à campos magnéticos.

4 RESULTADOS

O novo sensor modelo LE250KG, foi devidamente instalado e está operando há um mês sem problemas.

Os seguintes resultados positivos foram obtidos:

- a) maior distância entre o objeto a ser detectado;
- b) maior exatidão em seu ponto de detecção;
- c) configuração e monitoramento remoto;
- d) maior disponibilidade de dados;
- e) baixa histerese;
- f) superou-se o sensor anterior em nível de resposta de sinal;

g) maior robustez.

Os pontos negativos que valem salientar são:

- a) o sensor necessita ser limpo pelo menos uma vez por semana, pois sua face de detecção fica com resíduos de parafina e sujeira das latas. Isto era uma tarefa que não era realizada no sensor anterior por ser indutivo;
- b) necessita-se de uma área maior para a instalação do novo sensor, já que este é retangular e tem um volume maior que o anterior.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após finalizado os trabalhos de análise, pesquisa e aplicação, chegou-se à conclusão que não é fácil encontrar sensores que atendam alguns segmentos da metalurgia, devido as suas inúmeras peculiaridades.

O chão de fábrica possui diversas peculiaridades, nas quais muitas vezes nos impossibilita a aplicação de sensores, mais simples e de baixo custo, levando-se em conta todas as variáveis possíveis ainda é possível encontrarmos bons produtos.

Em média eram danificados de 3 a 5 sensores por mês, devido ao desgaste natural ou a danos causados por contato mecânico que ocorria pelo seu mau alojamento na coroa de soldagem. Logo, foi realizada a substituição do sensor indutivo por um sensor a laser, o qual trouxe melhorias significativas para o processo de soldagem de corpos metálicos, acarretando em uma redução dos custos da empresa que chegou a R\$ 3.320,00 por mês. Isto reduziu a compra de aproximadamente 4 sensores por mês, eliminando assim possíveis trocas e paradas não programadas.

Espera-se que esse trabalho sirva de referência para pesquisas futuras, que desperte o interesse para novas aplicações e sirva como base para integração de novas tecnologias, como *Big Data* e *Data Analytics*.

REFERÊNCIAS

BALLUFF CONTROLES ELETRICOS LTDA. **Módulo de Rede para Profinet**. 2018a. Disponível em: <https://www.balluff.com/local/br/productfinder/#/ca/A0009/cg/G0901/product/F09105/variant/PV152340>. Acesso em: 27 mar. 2019.

BALLUFF CONTROLES ELETRICOS LTDA. **Sensor indutivo com pressão**. 2018b. Disponível em: [https://www.balluff.com/en/de/productfinder/product/?key=BES03LC#/.](https://www.balluff.com/en/de/productfinder/product/?key=BES03LC#/) Acesso em: 27 mar. 2019.

BANNER. **Manual de sensores**. Disponível em: <https://www.bannerengineering.com/br/pt/products/sensors/laser-distance-measurement/IO-LINK.html>. Acesso em: 27 mar. 2019.

IEC 61131-9. **Norma para Interface de comunicação digital**. Disponível em <https://webstore.iec.ch/publication/4558>. Acesso em: 16 out. 2019.

IO-LINK. **System description, technology and application**. 2016. Disponível em: http://www.iolink.com/share/Downloads/At-a-glance/IOLink_Systembeschreibung_engl_2016.pdf. Acesso em: 02 out. 2019.

SEIKOSHA CORP. **Distance sensor module**. Product datasheet X-126. 1994. Disponível em: <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514257804.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Erica, 2009. p.17-32.

TURCH. **IO-Link devices commissioning**. 2018. Disponível em: http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/d900634.pdf. Acesso em: 10 ago. 2019.

AGRADECIMENTOS

Aos meus mestres da Faculdade SENAI por seus ensinamentos compartilhados. Aos meus companheiros de classe por todo o network e experiência de vida compartilhadas. E a minha família por ter paciência com minha ausência, durante minha jornada em busca de uma melhor condição de vida.

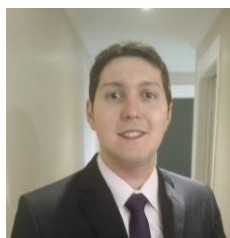
Sobre os Autores:

i Aldrigis Moura da Silva



Pós-Graduado em Indústria 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2018). Possui graduação em Engenharia Controle e Automação pela Faculdade Anhanguera (2016), Tem experiência na área de Engenharia de Controle e Automação/Elétrica, com ênfase em Projetos de Máquinas e Planejamento de Manutenção. É Programador de Máquina e Sistemas Industriais na empresa AMA MEI e responsável pelos setores de Engenharia de Aplicação.

ii Thiago Tadeu Amici



Ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0, na graduação em Tecnologia em Mecatrônica Industrial e no técnico em Mecatrônica no SENAI Armando de Arruda Pereira, além de assessorar o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica. Possui mestrado em Automação e Controle e Processos pelo Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de SP (IFSP - 2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia São Paulo (2012), graduação em Tecnologia em Automação Industrial pelo IFSP (2009) e ensino profissionalizante em Eletrônica pela Instituição Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo (2002). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Automação Industrial, Mecatrônica, Robótica e Indústria 4.0. Participou do desenvolvimento do projeto, programação, montagem e apresentação da Linha de Manufatura Avançada Industrial 4.0 realizada em parceria entre o SENAI-SP e a ABIMAQ, que foi exposta na FEIMEC 2018 e da linha de Confecção 4.0, em parceria entre o SENAI-SP e a ABIT. CV: <http://lattes.cnpq.br/9165856219131658>

iii Vicente Gomes de Oliveira Junior

Possui graduação em Tecnologia Elétrica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1982). Complemento em pedagogia na Universidade Metodista de Piracicaba (1999), Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2006). Atualmente é professor na área de automação industrial da Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica nos cursos de graduação e pós graduação. Tem experiência na área de Automação Industrial, atuando principalmente nos seguintes temas: pneumática, eletropneumática, hidráulica, eletrohidráulica, controlador programável, robótica básica, sistema supervisório, algumas redes industriais.

CV: <http://lattes.cnpq.br/6124313169599072>

iv Jorge Antonio Giles Ferrer

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Mestre em Engenharia Mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. Engenheiro Mecânico pela Pontificia Universidad Católica del Perú. Possui Licenciatura plena em pedagogia para educação profissional em ensino médio, pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Atualmente é docente da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica em São Caetano do Sul SP, onde ministra disciplinas no Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica e na pós-graduação na área de Gestão de Projetos e Produção (Lean Manufacturing e Virtualização de Sistemas Produtivos). É membro do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior do MEC.

CV: <http://lattes.cnpq.br/2875141797403961>