

# APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NA OTIMIZAÇÃO DA MONTAGEM DE BLOCOS DE MOTOR A SECO

## APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING IN THE OPTIMIZATION OF DRY MOTOR BLOCK ASSEMBLY

Fábio Clarindo da Silva<sup>1, i</sup>  
Luís Soares Teixeira<sup>2, ii</sup>  
Alan da Silva Terto Lino<sup>3, iii</sup>  
Gilderlon Fernandes Oliveira<sup>4, iv</sup>

### RESUMO

Este estudo de caso investiga a aplicação do Lean Manufacturing na montagem de blocos de motores a seco para compressores de ar comprimido medicinal, com foco na redução de tempo e desperdícios produtivos. O problema de pesquisa envolveu layout fragmentado, ausência de padronização e excesso de movimentação. A metodologia incluiu observações no gemba, aplicação do 5S, VSM, diagrama de espagete e Instrução de Trabalho Padronizado. Os resultados mostraram redução de 34 para 14 etapas, tempo de montagem 46,58% menor e deslocamentos reduzidos em 94,31%. A análise financeira indicou payback em aproximadamente um mês e meio, confirmando viabilidade técnica e econômica.

**Palavras-chave:** Lean Manufacturing, Compressores de ar medicinal, Montagem de motores a seco

### ABSTRACT

This case study investigates the application of Lean Manufacturing in the assembly of dry motor blocks for medical air compressors, focusing on reducing assembly time and eliminating production waste. The research problem addressed a fragmented layout, lack of standardization, and excessive operator movement. The methodology included gemba observations, application of 5S, Value Stream Mapping (VSM), spaghetti diagram, and Standardized Work Instruction. Results showed a reduction from 34 to 14 assembly steps, a 46.58% decrease in assembly time, and a 94.31% reduction in operator displacement. Financial analysis indicated a payback period of approximately one and a half months, confirming both technical and economic feasibility.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Medical air compressors, Dry motor assembly.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de compressores de ar a seco em ambientes hospitalares tem se tornado cada vez mais relevante, principalmente pela necessidade de fornecer ar

---

<sup>1</sup>Especialista em Tecnologia pela Escola SENAI Suíço Brasileira "Paulo Ernesto Tolle. E-mail: fabio.clarindo@sp.senai.br

<sup>2</sup> Docente e Especialista em projetos no Centro Universitário SENAI São Paulo -CampusSenai Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle –Santo Amaro –SP. E-mail: luis.teixeira@sp.senai.br

<sup>3</sup> Docente e Especialista em projetos no Centro Universitário SENAI São Paulo -CampusSenai Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle –Santo Amaro –SP. E-mail: alan.terto@sp.senai.br

<sup>4</sup> Docente e Mestre em Ciências no Centro Universitário SENAI São Paulo - Campus Senai Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle – Santo Amaro – SP. E-mail: gilderlon.oliveira@sp.senai.br

comprimido isento de óleo e contaminantes, garantindo a segurança dos pacientes e a eficiência dos processos clínicos. Esses equipamentos, entretanto, apresentam desafios relacionados ao controle de ruído, vibração e eficiência energética, fatores críticos em ambientes médicos (Geng et al., 2024). Além disso, o desempenho dos compressores depende diretamente do projeto dos rotores e da adoção de tecnologias avançadas, como os compressores scroll e motores síncronos de ímã permanente, que contribuem para maior confiabilidade e menor consumo de energia (Lee, 2002).

No âmbito organizacional, a filosofia *Lean Manufacturing* surge como alternativa eficaz para enfrentar gargalos produtivos, reduzir desperdícios e elevar a qualidade dos processos. Ferramentas como o 5S, o Mapeamento de Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* VSM) e o diagrama de espaguete permitem reorganizar fluxos de trabalho e otimizar layouts industriais (El-Aty et al., 2015; Ahmad et al., 2017; Badeeb, 2017). Estudos demonstram que a integração do Lean com tecnologias digitais da Indústria 4.0 potencializa os ganhos, permitindo monitoramento em tempo real e maior agilidade produtiva (Acosta-Vargas et al., 2020).

Nesse contexto, o problema de pesquisa que orienta este estudo é: como reduzir o tempo de montagem dos blocos de motores a seco utilizados em compressores de ar comprimido medicinal, considerando as limitações do layout atual, a ausência de padronização e os desperdícios de movimentação no processo?

A relevância da pesquisa está em propor soluções que atendam às exigências de eficiência e confiabilidade impostas ao setor hospitalar, ao mesmo tempo em que se fortalece a competitividade industrial. Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a aplicação de práticas de Lean Manufacturing e ferramentas associadas no processo de montagem de blocos de motores para compressores de ar comprimido medicinal. Busca-se demonstrar como a integração de metodologias como 5S, diagrama de espaguete e instrução de trabalho padronizado pode gerar melhorias significativas na produtividade, na organização do layout e na redução de desperdícios.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O *Lean Manufacturing* constitui uma abordagem sistêmica voltada à eliminação de desperdícios e ao aumento da eficiência nos processos produtivos. Originado no Sistema Toyota de Produção, o método expandiu-se para diferentes setores, como saúde, construção civil e serviços, destacando-se por reduzir custos, melhorar a qualidade e promover a melhoria contínua. Ferramentas como o Just-in-Time, o VSM e o Kaizen estruturam essa metodologia, sendo potencializadas pela integração com tecnologias digitais da Indústria 4.0, que permitem decisões em tempo real e maior agilidade operacional (Čiarnienė; Vienažindienė, 2012; Sanders; Elangeswaran; Wulfsberg, 2016).

Dentro desse arcabouço, a metodologia 5S constitui um dos alicerces fundamentais do pensamento enxuto. Seus cinco princípios — Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke — orientam a organização do ambiente de trabalho, resultando em maior produtividade, segurança e engajamento dos colaboradores. A aplicação consistente do 5S não apenas elimina atividades que não agregam valor, mas também fortalece a cultura organizacional, servindo como base para práticas mais avançadas de gestão, como o *Kaizen* (Monnanyana; Gupta, 2018; Possarle, 2019).

Outra ferramenta relevante é o diagrama de espaguete, voltado ao mapeamento gráfico da movimentação de pessoas, materiais e informações. Sua utilização possibilita identificar fluxos desnecessários e redesenhar layouts,

otimizando deslocamentos e reduzindo custos operacionais. Estudos demonstram sua eficácia em setores como manufatura, construção e saúde, principalmente quando aplicado em conjunto com outras metodologias *Lean*, ampliando a capacidade de eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos (Borges; Resende, 2023; Daneshjo et al., 2021).

### 3 METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido sob a forma de estudo de caso, aplicado em uma empresa fundada em 2016, que atua na gestão de projetos e desenvolvimento no segmento de compressores medicinais, régulas de gases hospitalares, secadores de refrigeração, vácuo clínico e painéis de alarme. Inicialmente dedicada à venda, locação e manutenção de equipamentos hospitalares e industriais, a empresa expandiu suas atividades para oferecer soluções completas, abrangendo desde o dimensionamento e execução até o comissionamento, entrega técnica, gestão de manutenção e pós-vendas, configurando um ciclo integrado de atendimento.

O objetivo central foi avaliar a redução do tempo de montagem do bloco de motor utilizado em compressores de ar comprimido medicinal, além de identificar oportunidades de reorganização do layout produtivo e do fluxo de trabalho. Para embasar a pesquisa, realizou-se um levantamento bibliográfico acerca da filosofia Lean Manufacturing, com consulta a livros, artigos científicos, dissertações e fontes digitais.

A coleta de dados ocorreu de duas formas: primária, realizada diretamente no gembá (local onde o trabalho acontece), por meio de observações, registros fotográficos, filmagens e conversas informais com os colaboradores; e secundária, com uso de informações previamente disponíveis na empresa (Richardson, 1999).

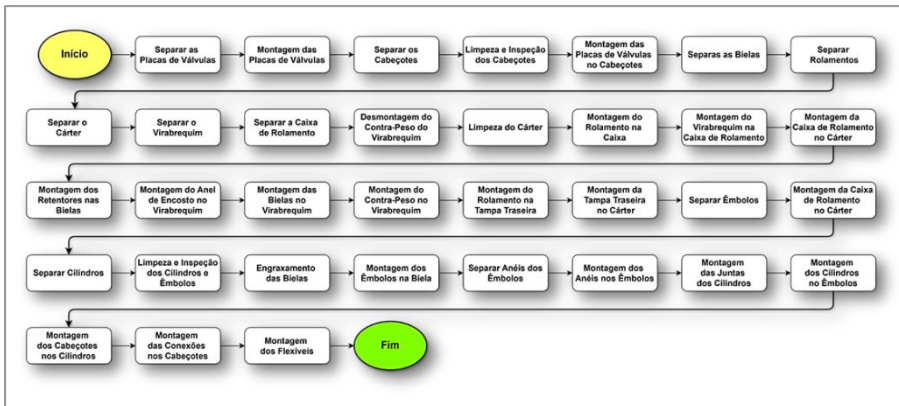
O trabalho foi desenvolvido no âmbito de uma consultoria Sebraetec, com carga total de 100 horas, distribuídas em 13 visitas semanais entre 14/08/2023 e 29/11/2023. A primeira visita teve caráter exploratório, voltado à caracterização do processo produtivo e à coleta inicial de tempos de execução. Posteriormente, elaborou-se um fluxograma com 34 etapas, em conjunto com o encarregado de produção, permitindo mapear a sequência de operações e identificar gargalos.

Como ferramentas de análise, foram utilizados a vista explodida do motor, para detalhamento dos componentes, o diagrama de espaguete, para mapear deslocamentos e desperdícios de movimentação, e a estratificação, para mensurar a distância percorrida pelos operadores durante a montagem. Além disso, reuniões de brainstorming envolveram operadores, gestores e encarregados, possibilitando a construção colaborativa de propostas de melhoria no processo.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

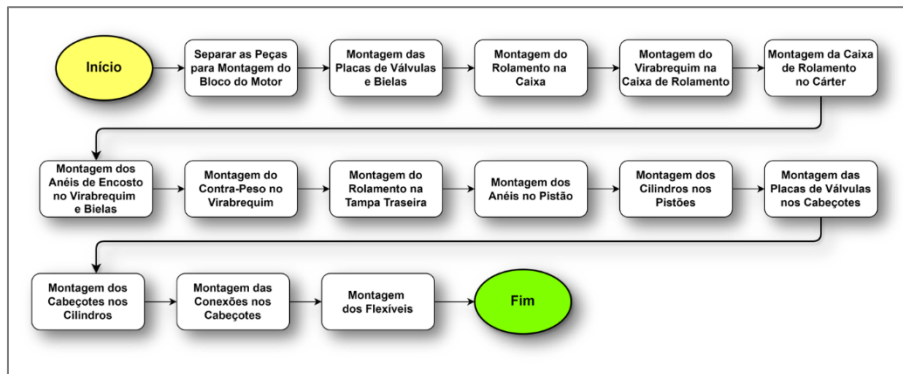
A análise do processo de montagem do bloco de motor revelou avanços significativos após a aplicação das ferramentas Lean Manufacturing. O fluxograma inicial (Figura 1) evidenciava um processo fragmentado em 34 etapas, distribuídas em diferentes bancadas e marcado por desorganização e excesso de movimentações. Após a implementação de melhorias, sobretudo com a reorganização do layout e a elaboração de uma Instrução de Trabalho Padronizado (ITP), foi possível reduzir o fluxo para 14 etapas (Figura 2). Essa simplificação não apenas otimizou a sequência operacional, mas também eliminou redundâncias, favorecendo a padronização e a confiabilidade do processo.

Figura 1: Fluxograma da montagem do bloco do motor que se divide em 34 etapas.



Fonte: Autor

Figura 2: Fluxograma do estado futuro com 14 etapas.

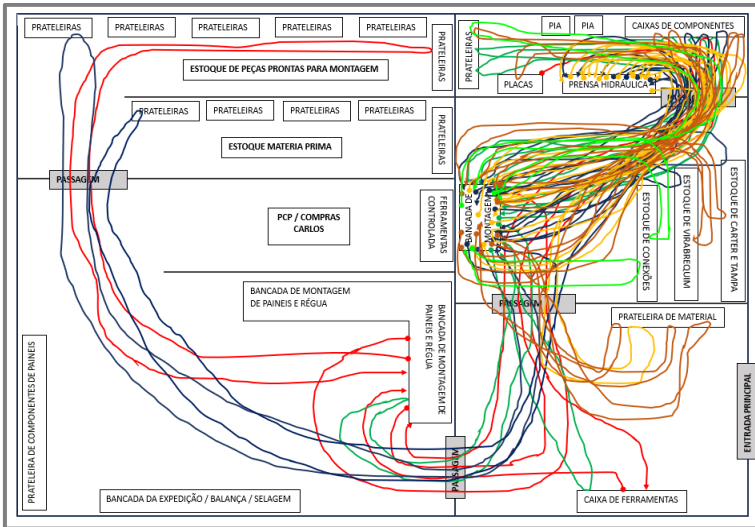


Fonte: Autor

Outro resultado expressivo foi a redução do tempo de montagem, que passou de 03h18min46s para 01h46min11s, configurando um ganho de 46,58%. Essa melhoria está diretamente relacionada ao uso de práticas de setup externo, que permitiram preparar componentes como válvulas, cabeçotes e bielas antes do início da montagem. Além disso, a reorganização do espaço e a aplicação do 5S contribuíram para a eliminação de desperdícios de espera e retrabalho, resultando em maior fluidez produtiva.

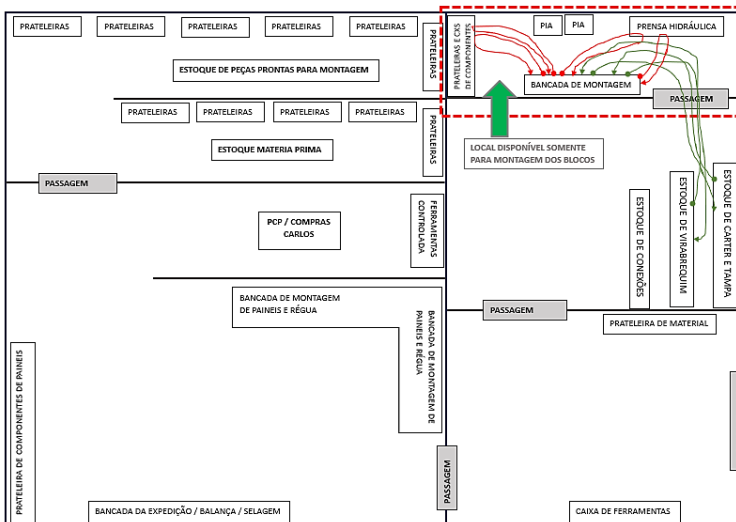
No que se refere à movimentação, o diagrama de espaguete do estado atual (Figura 3) revelou trajetórias cruzadas e deslocamentos desnecessários que totalizavam 763,70 metros percorridos por montagem. Com o novo layout (Figura 4), esse número foi reduzido para 43,40 metros, correspondendo a um ganho de 94,31%. A drástica redução no deslocamento do operador evidencia os impactos positivos da reorganização física do setor e da categorização de peças e ferramentas.

Figura 3: Diagrama de espaguete estado atual.



Fonte: Autor

Figura 4: Novo layout para montagem dos blocos de motor.



Fonte: Autor

Os resultados demonstram que a aplicação integrada de ferramentas *Lean*, como o 5S, o mapeamento do fluxo e a ITP, promoveu ganhos simultâneos em eficiência, qualidade e ergonomia operacional, sem a necessidade de investimentos significativos. Todas as melhorias foram implementadas com recursos internos, utilizando sobras de materiais e a própria mão de obra da empresa, o que reforça o caráter de baixo custo e alta viabilidade da proposta.

Do ponto de vista produtivo, os ganhos — redução de etapas, tempo de montagem e movimentação dos operadores — ampliam a competitividade da empresa e evidenciam a replicabilidade das soluções em outros processos industriais, especialmente em organizações de pequeno e médio porte. Essa replicabilidade decorre da natureza universal das ferramentas *Lean*, aplicáveis em diferentes contextos sem necessidade de investimentos elevados.

No âmbito financeiro, foi realizada uma estimativa de *payback* considerando o cenário hipotético em que a consultoria não tivesse sido subsidiada pelo programa Sebraetec. O custo total seria de R\$ 16.500,00. Considerando o valor de um bloco de motor em R\$ 11.000,00 e a produção média calculada em R\$ 500,00 por dia (22 dias úteis), o investimento seria recuperado em aproximadamente um mês e

quinze dias.

Essa análise reforça que, além de proporcionar ganhos produtivos e organizacionais, a aplicação do *Lean Manufacturing* mostrou-se financeiramente viável e de rápido retorno, consolidando-se como uma estratégia sustentável para a melhoria contínua.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que o problema de pesquisa, relacionado ao elevado tempo de montagem dos blocos de motores a seco em compressores de ar comprimido medicinal, decorre da ausência de padronização, do layout produtivo fragmentado e da ocorrência de desperdícios de movimentação. Os objetivos delineados foram plenamente atendidos mediante a aplicação de práticas e ferramentas do *Lean Manufacturing*, notadamente o 5S, o diagrama de espaguete e a Instrução de Trabalho Padronizado, que possibilitaram a reorganização do fluxo produtivo e a eliminação de etapas desnecessárias.

As melhorias implementadas resultaram em uma redução de 34 para 14 etapas no processo de montagem, em uma diminuição de 46,58% no tempo de execução e em um decréscimo de 94,31% na distância percorrida pelos operadores. Esses indicadores demonstram a eficácia da abordagem enxuta em promover eficiência operacional, padronização e melhor ergonomia no ambiente de trabalho, sem a necessidade de investimentos significativos, visto que as alterações foram realizadas com recursos internos da própria empresa.

Adicionalmente, a análise financeira evidenciou a viabilidade econômica da proposta, com retorno do investimento em curto prazo. Dessa forma, a pesquisa confirma que a aplicação integrada do *Lean Manufacturing* contribui não apenas para a resolução do problema investigado, mas também para o fortalecimento da competitividade e da confiabilidade em processos produtivos voltados ao setor hospitalar, caracterizado por elevadas exigências de qualidade e segurança.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA-VARGAS, Patricia; CHICAIZA-SALGADO, Edison; ACOSTA-VARGAS, Irene; SALVADOR-ULLAURI, Luis; GONZALEZ, Mario. Towards Industry Improvement in Manufacturing with DMAIC. *Advances In Intelligent Systems And Computing*, [S.l.], p. 341-352, 11 out. 2020. Springer International Publishing. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-59194-6\\_28](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-59194-6_28).

AHMAD, A.; LEE, T.; RAMLAN, R.; AHMAD, M.; HUSIN, N.; RAHIM, M. Value stream mapping to improve workplace to support lean environment. *Matec Web of Conferences*, v. 135, p. 00032, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713500032>.

BADEEB, Ahmed M. An Application of Lean Manufacturing Techniques in Paint Manufacturing Company: a case study. *Journal Of King Abdulaziz University Engineering Sciences*, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 51-73, 2 fev. 2017. King Abdulaziz University. DOI: <http://dx.doi.org/10.4197/eng.28-2.5>.

BORGES, David da Silva; RESENDE, André Alves de. Análise de layout para melhoria de produtividade do processo de soldagem em uma fábrica de

equipamentos agrícolas. Brazilian Journal Of Production Engineering, [S.l.], v. 9, n. 5, p. 29-39, 23 out. 2023. Universidade Federal do Espírito Santo. DOI: <http://dx.doi.org/10.47456/bjpe.v9i5.42675>.

ČIARNIENĖ, R.; VIENAŽINDIENĖ, M. Lean manufacturing implementation and progress measurement. Economics and Management, v. 17, n. 2, p. 636-643, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.em.17.2.2202>.

DANESHJO, Naqib; RUDY, Vladimír; MALEGA, Peter; KRNÁČOVÁ, Paulína. Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: a case study. Tem Journal, [S.l.], p. 573-582, 27 maio 2021. Association for Information Communication Technology Education and Science (UIKTEN). DOI: <http://dx.doi.org/10.18421/tem102-12>.

EL-ATY, Ali Abd; FAROOQ, Ahmad; BARAKAT, Azza; ETMAN, Mohamed. Implementation of Lean Manufacturing Principles in the Process Industry: a case study. Applied Mechanics And Materials, [S.l.], v. 799-800, p. 1431-1435, 19 out. 2015. Trans Tech Publications. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.799-800.1431>.

GENG, Maofei; JIANG, Huijun; JIN, Liqiong; CUI, Dong; WANG, Le. Design and testing of the fuel cell twin-screw air compressor. Journal Of Physics: Conference Series, [S.l.], v. 2703, n. 1, p. 012026, 1 fev. 2024. IOP Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2703/1/012026>.

LEE, G. H. Performance simulation of scroll compressors. Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, [S.l.], v. 216, n. 2, p. 169-179, 1 jan. 2002. SAGE Publications. DOI: <http://dx.doi.org/10.1243/09576500260049188>.

MONNANYANA, Ofentse; GUPTA, Kapil. A Case Study on Implementation of 5S in a Manufacturing Plant to Improve Operational Effectiveness. Matec Web Of Conferences, [S.l.], v. 346, p. 03109, 2021. EDP Sciences. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/202134603109>.

POSSARLE, R. Filosofia 5S: fundamentos. São Paulo: SENAI-SP, 2019.

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. DOI: <https://doi.org/10.3926/jiem.1940>.

### Sobre os autores:

---

**† FÁBIO CLARINDO DA SILVA**



Pós-graduado em Engenharia da Qualidade e Produtividade, Black Belt (2023) SENAI Suíço Brasileira “Paulo Ernesto Tolle” . Graduado em Engenharia Mecânica (2016) - Centro Universitário Anhanguera de São Paulo. Atualmente atuo como Especialista em Tecnologia pela Escola SENAI Suíço Brasileira “Paulo Ernesto Tolle”.

## ii LUÍS SOARES TEIXEIRA



Mestrando em Engenharia de produção pela UFABC, Engenheiro da Qualidade e Master Black Beltem projetos Lean Seis Sigma, Pós-graduado EMBA pela FGV em projetos e Bacharel em Administração de Empresas. Coordena projetos com métodos tradicionais e ágeis e atua como professor no SENAI Suíço-Brasileira na pós-graduação de Engenharia e Qualidade. Diretor de Relações com a Indústria Automotiva as SBGC (Sociedade Brasileira de Gestão do Conhecimento)  
<https://orcid.org/0000-0001-9701-684X>

## iii ALAN DA SILVA TERTO LINO



Possui pós-graduação em Gerenciamento de Projetos com Práticas em PMI pelo Campus Universitário SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (2021) e Engenharia de Produção pela Universidade Estácio de Sá (2014), profissional na área de Excelência Operacional, Especialista em Lean Thinking, Projetos de Manufatura Avançada e atua como docente na pós-graduação de Engenharia da Qualidade e Produtividade na Escola e Faculdade SENAI Suíço-Brasileira – Paulo Ernesto Tolle.

## ij GILDERLON FERNANDES OLIVEIRA



Possui Mestrado em Ciências (2014) e Bacharelado e Física (2009) pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Atualmente cursa especialização em Moderna Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. E atua como docente na Escola e Faculdade de Tecnologia SENA Suíço-Brasileira “Paulo Ernesto Tolle”.

<https://orcid.org/0000-0002-7607-1732>