

ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE CLP COM CONTROLE DE EIXO DE POSIÇÃO EM MÁQUINAS DE MANUFATURA ADITIVA

Gerson Fabio da Silva, gerson.fabio@usp.br¹

Marcosiris Amorim de Oliveira Pessoa, marcosiris@usp.br¹

Paulo Eigi Miyagi, pemiagi@usp.br¹

Marcos de Sales Guerra Tsuzuki, mtsuzuki@usp.br¹

¹Universidade de São Paulo

Resumo: Considerada como um dos pilares da indústria 4.0, a manufatura aditiva (MA) mudou a forma como as indústrias pensam sobre seus processos produtivos. Consiste na fabricação de um objeto físico, camada a camada, a partir de um modelo ou desenho digital 3D, sem a necessidade de ferramental e permite o desenvolvimento e a produção de protótipos, peças funcionais customizadas e com geometrias complexas em um intervalo de tempo relativamente pequeno. Apesar das vantagens, a adoção da MA ainda é limitada pelo alto custo das máquinas e de matéria-prima, além da escassez de mão de obra qualificada. Algumas das tecnologias existentes da MA utilizam conceitos e estruturas de máquinas semelhantes às já utilizadas por processos convencionais de manufatura. São máquinas que executam as trajetórias de movimento no plano cartesiano x, y, z , através de comandos de posicionamento baseados em uma lista de instruções conhecidas como código G e que são executadas por um controlador numérico computadorizado (CNC) em conjunto com um controlador lógico programável (CLP) para as funções de automação. Este trabalho analisa a viabilidade do uso de apenas um CLP com controle de posição de eixos, como alternativa ao uso de CNC e CLP, em máquinas de manufatura aditiva, propondo uma arquitetura de hardware, algoritmo e interface de comunicação capaz de carregar um arquivo com instruções em código G, interpretá-lo e convertê-lo em comandos de posição de eixo para executar os perfis das trajetórias de cada camada da peça produzida. Uma aplicação com as funções de controle de posição e automação integradas em um único dispositivo aumenta o custo benefício da máquina, promovendo o acesso a tecnologia por usuários com recursos mais limitados. Além disso, dispositivos CLP permitem uma maior flexibilização em programação e em comunicação com outros dispositivos de automação tornando o processo produtivo descentralizado e escalável. A pesquisa foi feita utilizando uma ferramenta de simulação de CLP do fabricante Siemens e sua respectiva plataforma de desenvolvimento, ambos, largamente utilizados no mercado. Com a utilização de bibliotecas de software específicas foi possível executar o controle e movimento dos eixos a partir de uma lista de comandos em código G gerada por um programa fatiador de modelos 3D de código aberto, Cura.

Palavras-chave: CLP, manufatura aditiva, indústria 4.0, controle.

1. INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva é um processo de fabricação que consiste na produção de peças a partir de um modelo digital 3D, adicionando progressivamente finas camadas de matéria-prima (Brown and Beer, 2013; DebRoy et al., 2018; Oliveira and Miranda, 2020; Wang et al., 2020). Segundo Wang et al. (2020), existem sete tipos de tecnologias que empregam esse conceito de fabricação, e entre eles estão a extrusão de material (MEX), que é o processo no qual o material é dispensado seletivamente através de um bico ou orifício, e deposição de energia direcionada (DED), onde uma fonte de energia térmica é usada para fundir o material, derretendo-o à medida que vai sendo depositado, (Gardan, 2016). Em ambos os processos, a trajetória de deposição da camada é controlada por sistemas mecatrônicos que podem ser máquinas equipadas com placas dedicadas ou por um controlador numérico computadorizado (CNC) que, a partir de uma sequência de comandos, faz o controle dos eixos da máquina, o que resulta na trajetória em um plano cartesiano tridimensional (Nguyen et al., 2012). Esta abordagem de sistema tem sido amplamente adotada em máquinas utilizadas em processos de produção convencionais. Outro dispositivo normalmente usado com o CNC é o controlador lógico programável (CLP).

Conforme apresentado por Rullan (1997), o CLP é um dispositivo universal baseado em microprocessador projetado para controlar a operação de várias máquinas, dispositivos ou linha de processo. Seu circuito de memória de programa cíclico é uma característica que o distingue de outros controladores baseados em computador. Com o avanço da tecnologia, os CLPs passaram a integrar funcionalidades de controle de eixos posicionamento através de malhas de controle sofisticadas, tornando possível a criação de aplicações que envolvam controle de movimento mais flexível. Além

disso, possuem alto grau de conectividade com outros dispositivos, podendo utilizar diferentes protocolos de comunicação, permitindo seu uso em automação e sistemas de controle modularizados e capazes de disponibilizar dados por meio de um ou rede global, o que o torna um dispositivo fundamental para a implementação do conceito de indústria 4.0 nas indústrias (Langmann and Rojas-Pena, 2016). Este trabalho analisa a viabilidade do uso do PLC como alternativa ao CNC para gerar e controlar a trajetória da deposição da camada em uma máquina de manufatura aditiva e, de forma integrada, controlar todos os aspectos intrínsecos ao processo.

Todo o processo de fabricação que utiliza manufatura aditiva, seja para a construção de um protótipo ou de uma peça funcional com geometria altamente complexa, necessariamente parte do modelo digital da peça. Não é possível pensar em manufatura aditiva sem digitalização. Outro ponto crítico é que os processos são complexos. Eles exigem um alto grau de conhecimento, pois há uma diversos parâmetros a serem ajustados para produzir a peça corretamente, o que demanda tempo e custo em seu desenvolvimento. Portanto, cada vez mais, ferramentas de virtualização, como o gêmeo digital, que permite aos fabricantes fazer previsões mais precisas, decisões racionais (Fuller *et al.*, 2020; Tao *et al.*, 2018; Wei *et al.*, 2022), estão sendo usadas para validar parâmetros de produção, reduzindo assim o tempo e os custos associados a um processo de tentativa e erro no processo físico. A utilização do CLP como controlador único de uma máquina de manufatura aditiva permite, além de maior flexibilidade e modularização da aplicação, a integração e virtualização de todo o processo de manufatura; eles são os fundamentos da Indústria 4.0 (Culot *et al.*, 2020; Jandyal *et al.*, 2022; Oztemel and Gursev, 2020). Além disso, o constante crescimento da competitividade no mercado tem levado as indústrias a um processo contínuo de adaptação para se manterem competitivas. Apesar da manufatura aditiva ser uma tecnologia disruptiva, que tem causado uma mudança de paradigma nos processos produtivos, seu acesso ainda é restrito às grandes empresas, em parte pelos altos custos de implantação dessa tecnologia e em parte pela escassez de mão de obra qualificada. A utilização da abordagem de máquina com um único CLP como controlador reduz os custos da máquina permitindo a generalização da aplicação, seu desenvolvimento e compartilhamento, possibilitando cada vez mais às empresas menores digitalizar seus processos e manter uma posição competitiva no mercado.

2. ARQUITETURA

O processo de manufatura aditiva consiste em etapas bem definidas e é comum a todas as tecnologias utilizadas. O primeiro passo é modelar a peça a ser produzida utilizando um software CAD de desenho assistido por computador (Iqbal and Hashmi, 2001), gerando assim um arquivo digital 3D. Normalmente, os fabricantes de máquinas de manufatura aditiva fornecem o software de parametrização do processo de manufatura que fatia o modelo e gera outro arquivo com uma sequência de instruções codificadas em uma linguagem conhecida como código G que especifica como deve ser o movimento dos eixos da máquina para realizar a trajetória de deposição da camada, (Shin *et al.*, 2016). Após a sua produção, a peça será retirada e poderá passar por um processo de pós-processamento que pode ser a remoção de suportes, um tratamento térmico ou um polimento. Por fim, a peça é inspecionada para verificação de suas características geométricas. O Controle Numérico Computadorizado pode interpretar facilmente as instruções de um arquivo de código G, pois é uma linguagem nativa para ele. No entanto, para utilizar este arquivo em um CLP, toda uma estrutura de programação deve ser desenvolvida. A estrutura proposta (Fig. 1) deve ser capaz de carregar o arquivo, verificar sua consistência, interpretá-la e converter as instruções em comandos de movimento do eixo.

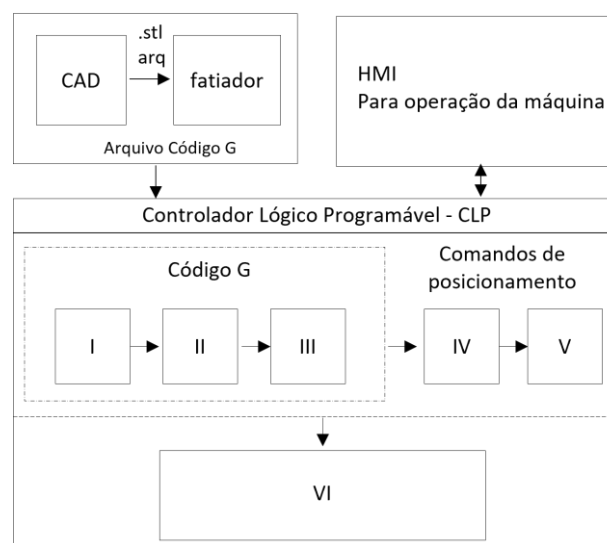


Figura 1. Arquitetura para utilização de instruções de código G em um CLP: I-Carregar arquivo; II- memória provisória para as instruções em código G; III- conversão; IV- memória provisória para comandos de posicionamento; V- comandos de posicionamento de eixo; VI- modelo mecânico.

Outro ponto importante é que o CNC é nativamente capaz de converter uma instrução de posicionamento no plano cartesiano, como interpolação linear, em movimentos coordenados e síncronos de motores elétricos. Em outras palavras, basta configurar o tipo de cinemática que será utilizada e o CNC calcula ciclicamente qual deve ser o movimento em rotações por minuto dos motores elétricos conectados a cada eixo para que a interpolação seja realizada. Todo o cálculo da transformação deve ser realizado através do programa do usuário caso o CLP utilizado não possua esta funcionalidade integrada em seu sistema.

2.1. Arquitetura de hardware

Para utilizar um CLP como controlador de uma máquina de manufatura aditiva, um arquitetura de hardware e software será apresentada. Para a arquitetura de hardware o CLP precisa ter uma interface de comunicação (ethernet, OPC UA, etc.) que permita carregar o arquivo em código G de um dispositivo externo (pequeno computador via rede local ou global) para uma área de memória e que possa ser acessado pelo programa do usuário que está sendo executado. Também pode ser verificado a possibilidade de usar uma porta física como USB ou cartão SD para transferir o arquivo para memória interna do CLP. Outra característica que o CLP deve ter é a capacidade de estabelecer uma malha de controle fechada com a unidade de acionamento, responsável pela movimentação dos motores dos eixos, através de protocolos de comunicação bem definidos. Para o controle de posicionamento seja o mais preciso possível, é essencial que o PLC suporte um protocolo de comunicação em tempo real isócrono (IRT) com o sistema de acionamento sistema (Berardinelli *et al.*, 2018).

2.2. Arquitetura de software

Como os CLPs não possuem uma arquitetura de sistema preparada para ler e executar instruções em linguagem de código G, todas as etapas, desde a leitura do arquivo até os comandos dos eixos, devem ser desenvolvidas por meio de um programa do usuário. Para os testes realizados, foi adotada uma estrutura modularizada para o programa do usuário, com funções específicas para cada etapa do processo de aplicação.

2.2.1 Carregar arquivo

O arquivo de código G (Fig.2) gerado pelo programa fatiador deve ser carregado em uma área de memória do CLP. A função CarregarArquivo deve permitir carregar este arquivo, acessando seu conteúdo e preenchendo sequencialmente uma memória provisória de instruções. Cada linha de instrução no arquivo, também conhecido como blocos de instruções, define as características da trajetória do ponto em um plano cartesiano tridimensional, como a coordenada final da trajetória, velocidade e aceleração. Além disso, outros comandos podem ser configurados para executar algumas funções na máquina, como ativar o laser e ligar a bomba de vácuo. Cada um desses comandos deve ter sua respectiva lógica implementada no programa do usuário.

```
G1 F600 Z0.27
G1 F1500 E0
G1 F1200
G1 X82.044 Y72.25 E0.01323
G1 X82.633 Y71.795 E0.02646
G1 X83.267 Y71.406 E0.03968
G1 X83.94 Y71.087 E0.05292
G1 X84.643 Y70.842 E0.06615
.
.
.
M30 ; end of program
```

Figura 2. Exemplo de linguagem em código G

2.2.2. Memória provisória de instruções em código G

Esta parte da arquitetura refere-se à área de memória onde cada linha de comando será armazenada. Um arranjo do tipo String pode ser usado para armazenar as instruções. Arquivos de código G para aplicações de manufatura aditiva geralmente têm milhares de linhas de instrução. Cada linha corresponde a um pequeno caminho que compõe o perfil da camada, que compõe um conjunto de muitas camadas que formará a peça final. Portanto, torna-se proibitivo tentar usar um tamanho da memória para armazenar todas as linhas de instrução do arquivo de código G. Uma memória provisória

deve ser criada com um número razoável de elementos. Cada instrução que já foi executada deve ser removida dessa memória para dar espaço para uma nova instrução.

2.2.3. Conversão

O maior desafio desta aplicação é a conversão de instruções em formato string para os comandos de posicionamento intrínsecos ao PLC. Primeiro, devemos interpretar cada linha de comando na memória de instrução e identificar a qual comando do PLC a instrução se refere. Então este comando deve ser inserido em uma lista sequencial de comandos onde o CLP executa e monitora. Uma vez iniciada a execução do comando, deve haver mecanismos no sistema que permita monitorar esta execução para determinar quando os comandos seguintes podem ser executados ou se houve um problema e o movimento teve que ser parado.

2.2.4. Memória provisória para comandos de posicionamento

Refere-se à área de memória onde os comandos de movimento interpretados pela função de conversão serão armazenados e executados sequencialmente (FIFO).

2.2.5. Comandos de posicionamento de eixo

Os comandos de movimento armazenados na memória provisória para comandos de serão executados sequencialmente e os estados dos movimentos monitorados nesta função. A biblioteca usada para funções de controle de eixo, como habilitação de eixo, referência, posicionamento absoluto, interpolação linear, etc., é baseada em blocos de função de controle de movimento padronizados pela organização PLCopen (Fig. 3) que especifica tecnicamente as funções básicas para a automação industrial, com foco no padrão da IEC 61131-3. CLPs de diferentes fabricantes adotam esse padrão de biblioteca para programação, tornando a aplicação feita com base nessas bibliotecas terem um alto nível de compatibilidade entre eles (Contreras *et al.*, 2022).

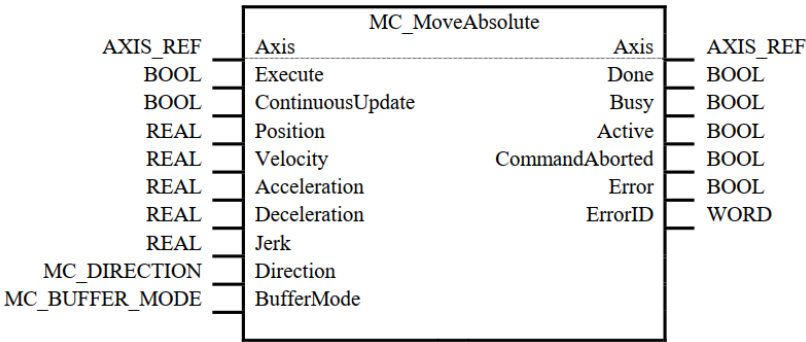


Figura 3. Exemplo de comando de posicionamento de eixo padronizado pela PLCopen.

2.2.6. Modelo mecânico

Este item de estrutura refere-se ao modelo matemático que representa a cinemática da máquina. É responsável por receber os comandos de movimento e posição dos eixos baseados em um sistema cartesiano tridimensional e convertendo-os em movimentos dos motores elétricos para que a trajetória seja realizada como resultado do movimento coordenado e sincronizado do conjunto de motores. Alguns PLCs vem com este modelo integrado em seu sistema (Fig. 4); está pronto e só é necessário configurar o sistema mecânico desejado. Caso contrário, deve ser implementado através de um programa de usuário, que pode aumentar consideravelmente a complexidade da aplicação.

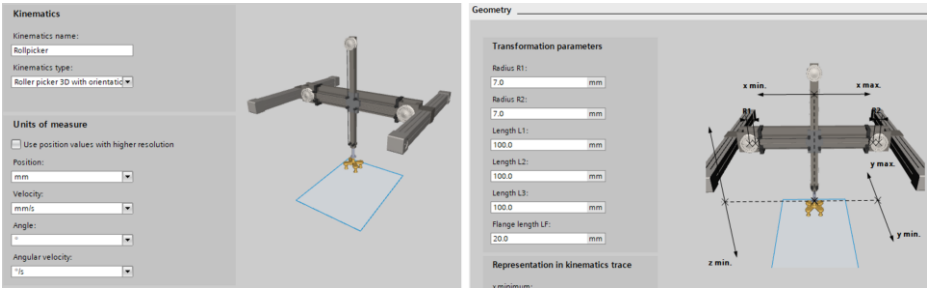


Figura 4. Sistema mecânico integrado do CLP S7 1500T da empresa Siemens

3. METODOLOGIA

Para verificar a viabilidade do uso do CLP como controlador central de uma máquina de manufatura aditiva, um CLP Siemens S7 1500T será usado em conjunto com o TIA Portal V17, uma plataforma de engenharia para configuração e parametrização de dispositivos e desenvolvimento de software para sistemas de automação.

para a simulação da aplicação será utilizado o software S7-PLCSim Advanced 4.0, que permite simular os programas PLC em um controlador virtual. Para a estrutura de software, uma biblioteca disponível para este modelo específico de CLP e desenvolvida principalmente para máquinas-ferramentas será utilizada, com alguma adaptação, para a realização dos testes. A primeira etapa do processo é a modelagem digital da peça a ser produzida. Foi escolhido o modelo digital de uma peça disponibilizada como código aberto. O extensão de arquivo do modelo é do tipo stl, que é uma extensão amplamente utilizada nos processos manufatura aditiva que tem a representação da superfície do modelo em uma malha de pequenos triângulos, (Szilv'si-Nagy and Matyasi, 2003).

Como programa fatiador, foi utilizado o software Ultimaker Cura, que também é um software de código aberto. Neste software, o arquivo do modelo digital foi carregado e, com a configurações de parâmetros básicos, o arquivo com as instruções em código G foi gerado. O arquivo foi transferido do computador para a memória não volátil do CLP acessando seu servidor web interno através do protocolo ethernet. A série S7-1500T PLC utiliza o conceito de “objetos tecnológicos” (TO – technologic objects) em aplicações de controle de movimento e automação industrial (Fig. 5). Os TOs são unidades de programação que criam uma interface entre os vários elementos da máquina e o programa do usuário. Eles são objetos independentes com seu próprio parâmetros. Para uma aplicação de máquina de manufatura aditiva baseada em um sistema cartesiano, os objetos de tecnologia de eixo síncrono foram criados e configurados em relação aos eixos sincronizados do plano, X, Y e Z, e conectado ao objeto de tecnológico de modelo mecânico. Uma biblioteca disponível para aplicações que utilizam este tipo de CLP com máquinas ferramentas será utilizadas para o software de controle, que deve ser adaptado para funcionar como uma aplicação de manufatura aditiva. Além disso, deve ser implementado a lógica relevante em relação a outras funções intrínsecas a esta aplicação.

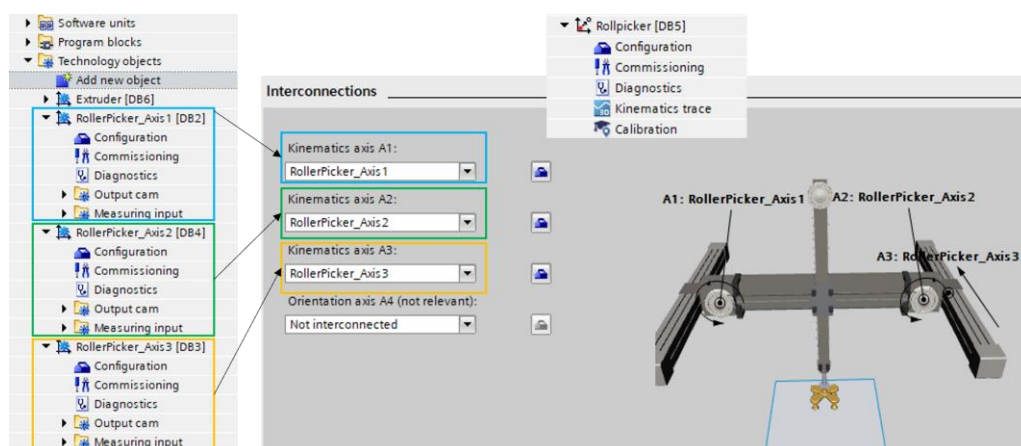


Figura 5. Configuração dos objetos tecnológicos dos eixos e do sistema mecânico

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A estrutura proposta foi comissionada e testada inteiramente em um ambiente virtualizado através do software PLCSIM Advanced de empresa Siemens que cria uma instância de uma placa de rede virtual no computador, permitindo que o software de desenvolvimento TIA Portal conecte-se à CPU virtual do controlador por meio de um endereço IP. O servidor web interno do CLP foi habilitado e acessado através de um navegador web para carregar o arquivo de código G na memória virtual não volátil do PLC.

A primeira observação diz respeito ao tamanho da memória disponível para armazenar os arquivos de código G no CLP, que deve ser suficiente para armazenar arquivos grandes. O arquivo gerado pelo programa fatiador precisou ser manipulado. Alguns comandos gerados pelo programa fatiador, Ulimaker Cura 3D, foram removidos ou ignorados ao interpretar o código pelas funções da biblioteca porque não eram aplicáveis a uma aplicação de manufatura aditiva industrial DED ou FFF. Os comandos de posicionamento descritos pelo programa G-code foram todos interpretados e executados pela aplicação, resultando na trajetória esperada de cada camada. Através da ferramenta de rastreamento integrada à plataforma Tia Portal V17 e à monitoração da posição atual dos eixos X, Y e Z em tempo real, foi possível confirmar o movimento coordenado dos eixos do modelo mecânico representando fielmente as instruções geradas pelo programa de código G. Portanto, em ambiente simulado foi possível verificar a viabilidade de usar um CLP como controlador único de uma aplicação de manufatura aditiva. Pois foi possível carregar um arquivo de instruções em código

G geradas por um software de fatiamento comercial, converte-os para comandos de posicionamento do sistema mecânicos configurado previamente e verificar sua trajetória.

Como trabalho futuro, será desenvolvida uma biblioteca de aplicações de manufatura aditiva específica para se beneficiar da flexibilidade de programação do CLP, seu alto grau de conectividade com outros dispositivos e sua capacidade de integração com sistemas IIoT e em nuvem; será implementado o gêmeo digital para interagir com a aplicação a fim de aprimorar os testes, para proporcionar um melhor entendimento da dinâmica dos eixos e possibilitar a integração e testes de novas funcionalidades.

5. REFERÊNCIAS

- Barkalov, A., Titarenko, L. and Mazurkiewicz, M. 2019, "Programmable logic controllers," *Foundations of Embedded Systems. Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 195, pp. 145–162.
- Berardinelli, G., Mahmood, N. H., Rodriguez, I. and Mogensen, P. 2018, "Beyond 5g wireless irt for industry 4.0: Design principles and spectrum aspects," in *IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, pp. 1–6, IEEE.
- Brown, A. C. and Beer, D. De, 2013, "Development of a stereolithography (stl) slicing and g-code generation algorithm for an entry level 3-d printer," in *Africon*, pp. 1–5.
- Culot, G., Orzes, G., Sartor, M. and Nassimbeni, G. 2020, "The future of manufacturing: A delphi-based scenario analysis on industry 4.0," *Technological forecasting and social change*, vol. 157, p. 120092.
- Contreras, J., Rubio, J. and Martínez, A. 2022, "Plc based control of robots using plcopen motion control specifications," in *Advances in Automation and Robotics Research* (H. A. Moreno, I. G. Carrera, R. A. Ram´irez-Mendoza, J. Baca, and I. A. Banfield, eds.), (Cham), pp. 109–120, Springer International Publishing.
- DebRoy, T., Wei, H. L., Zuback, J. S., Mukherjee, T., Elmer, J. W., Milewski, J. O., Beese, A. M. , Wilson-Heid, A., De, A. and Zhang, W., 2018, "Additive manufacturing of metallic components – process, structure and properties," *Progress in Materials Science*, vol. 92, pp. 112–224.
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C. and C. Barlow, 2020, "Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research," *IEEE access*, vol. 8, pp. 108952–108971.
- Gardan, J., "Additive manufacturing technologies: state of the art and trends," *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 10, pp. 3118–3132, 2016.
- Iqbal, M. and Hashmi, M. S. 2001. "Design and analysis of a virtual factory layout," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 118, no. 1-3, pp. 403–410.
- Jandyal, A., Chaturvedi, I., Wazir, I., Raina, A. and Haq, M. I. U. 2022, "3d printing—a review of processes, materials and applications in industry 4.0," *Sustainable Operations and Computers*, vol. 3, pp. 33–42.
- Langmann, R. and Rojas-Peña, L. F., 2016, "A plc as an industry 4.0 component," in *2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, pp. 10–15.
- Oliveira, J., Santos, T. and Miranda, R., 2020, "Revisiting fundamental welding concepts to improve additive manufacturing: from theory to practice," *Progress in Materials Science*, vol. 107, p. 100590.
- Oztemel, E. and Gursev, S., 2020, "Literature review of industry 4.0 and related technologies," *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 31, no. 1, pp. 127–182.
- Phung, L. X. and Bui, N.-T., 2020, "Novel integration of capp in a gcode generation module using macro programming for cnc application," *Machines*, vol.8, no. 4, p. 61.
- Rullan, A., 1997, "Programmable logic controllers versus personal computers for process control," *Computers & industrial engineering*, vol. 33, no. 1-2, pp. 421–424.
- Shin, H. S., Lee, H. I. and Jang, E. S. 2016, "An effective data structure for a 3d printing slicer api," in *IEEE International Conference on Consumer Electronics-Asia (ICCE-Asia)*, pp. 1–4, IEEE.
- Standard, A. et al., 2012, "Standard terminology for additive manufacturing technologies," *ASTM International F2792-12a*.
- Szilvsi-Nagy, M. and Matyasi, G., 2003, "Analysis of stl files," *Mathematical and computer modelling*, vol. 38, no. 7-9, pp. 945–960.
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A. and Nee, A. Y. 2018, "Digital twin in industry: State-of-the-art," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 4, pp. 2405–2415.
- Wang, C., Tan, X., Tor, S. and Lim, C., 2020, "Machine learning in additive manufacturing: State-of-the-art and perspectives," *Additive Manufacturing*, vol. 36, p. 101538.
- Wei, Y., Hu, T., Wang, Y., Wei, S. and Luo, W. 2022, "Implementation strategy of physical entity for manufacturing system digital twin," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 73, p. 102259.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF USING PLC WITH AXIS POSITION CONTROL IN ADDITIVE MANUFACTURING MACHINES

Gerson Fabio da Silva, gerson.fabio@usp.br¹

Marcosiris Amorim de Oliveira Pessoa, marcosiris@usp.br¹

Paulo Eigi Miyagi, pemiya@usp.br¹

Marcos de Sales Guerra Tsuzuki, mtsuzuki@usp.br¹

¹Universidade de São Paulo

Abstract. Considered as one of the pillars of Industry 4.0, additive manufacturing (AM) has changed the way industries think about their production processes. It consists of the fabrication of a physical object, layer by layer, from a model or 3D digital drawing, without the need for tooling and allows the development and production of prototypes, customized functional parts and complex geometries in a relatively short time interval. Despite the advantages, the adoption of AM is still limited by the high costs of machines and raw materials, in addition to the shortage of skilled labor. Some of AM's existing technologies use machine concepts and structures like those already used by conventional manufacturing processes. They are machines that execute the paths of movement in the Cartesian plane x, y, z, through positioning commands based on a list of instructions known as G code and that are executed by a computer numerical controller (CNC) together with a programmable logic controller (PLC) for automation functions. This work analyzes the feasibility of using only one PLC with axis position control, as an alternative to the use of CNC and PLC, in additive manufacturing machines, proposing a hardware architecture, algorithm and communication interface capable of loading a file with instructions in G code, interpret it and convert it into axis position commands to perform the profiles of the paths of each layer of the produced part. An application with the functions of position control and automation integrated in a single device increases the cost benefit of the machine, promoting access to technology by users with more limited resources. In addition, PLC devices allow greater flexibility in programming and communication with other automation devices, making the production process decentralized and scalable. The research was carried out using a PLC simulation tool from Siemens and its respective development platform, both of which are widely used in the market. With the use of specific software libraries, it was possible to execute the control and movement of the axes from a list of commands in G code generated by an open-source 3D model slicer program, Cura.

Keywords: PLC, additive manufacturing, industry 4.0, control.