



## Modelagem em Redes de Petri do Sistema de Controle Local da Plataforma de Tecnologia Assistiva

Rachel Patricia Tabacow\*, Eduardo Guy Perpétuo Bock\*, Francisco Yastami Nakamoto \*

*\*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, Brasil.*

**Resumo.** Os avanços tecnológicos da medicina moderna e a melhoria na qualidade de vida são parâmetros que vêm impactando no aumento da expectativa de vida da população em geral, acarretando, conseqüentemente, no envelhecimento da sociedade. Com isso, o número de pessoas com dificuldade de locomoção motora necessita cada vez mais de cuidados especiais. Tendo isto em vista, uma plataforma Reconfigurável de Tecnologia Assistiva está sendo desenvolvida para o atendimento das necessidades destes pacientes. Podendo ser utilizada tanto em pacientes de *Home Care*, como em ambiente hospitalar, a plataforma é constituída de quatro módulos que visam: auxiliar na remoção de um paciente em cadeira de rodas, auxiliar durante fisioterapia, movimentar verticalmente para mudança de posição e executar a aquisição de dados. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a modelagem do Sistema de Controle para comandar a Plataforma Reconfigurável de Tecnologia Assistiva com bases em três níveis de controle. O primeiro nível é responsável pelo controle local, que possui uma interface com o usuário da plataforma, o segundo nível de controle é responsável pela integração com os diversos sistemas de controle locais com bases nas normas de segurança, e o terceiro nível é o sistema supervisorio de controle. Os três níveis foram modelados com o emprego de uma metodologia *Production Flow Schema/Redes de Petri* (PFS/RdP). A metodologia PFS/RdP é alicerçada no conceito de projeto *top-down* com refinamento sucessivo de Sistemas Dinâmicos a Eventos Discretos (SDED) que resulta em um modelo RdP que permite a posterior análise para validação por meio de simulação. A partir do modelo resultante, é possível implementar uma linguagem de programação para Controladores Lógico Programáveis (CLP), de acordo com a norma IEC 61131-3.

**Palavras Chaves.** *Modelagem, Redes de Petri, Plataforma de Tecnologia Assistiva*

**Abstract.** The technological advances of modern medicine and the improvement in the quality of life are parameters that have been impacting in the increase of the life expectancy of the population in general, consequent, in the aging of the society. With this, the number of people with motor mobility difficulties needs more and more special care. With this in view, a Reconfigurable Assistive Technology platform is being developed to meet the needs of these patients. It can be used both in home care patients and in a hospital environment. The platform is made up of four modules that aim to: assist in the removal of a patient in a wheelchair, assist during physical therapy, move vertically to change position and perform the acquisition of data.

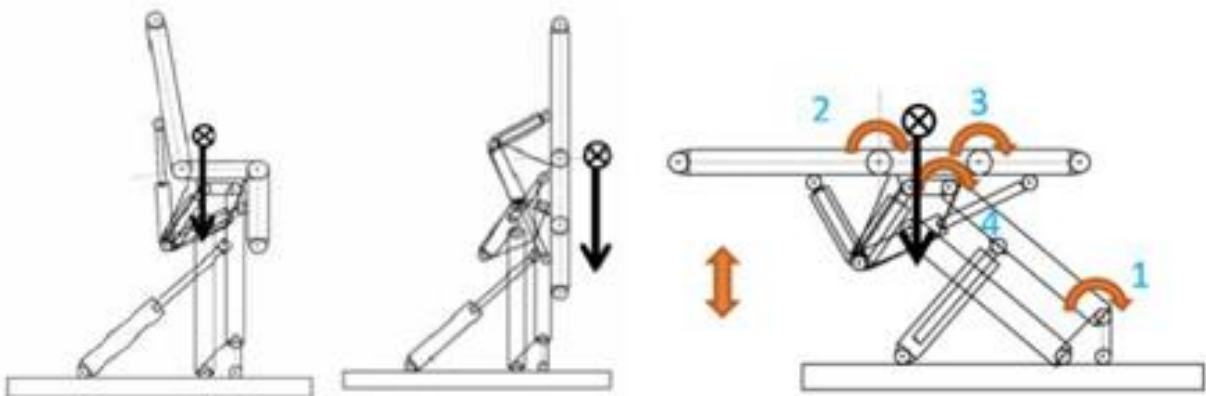
The present work aims to present the modeling of the Control System to command the Reconfigurable Platform of Assistive Technology with bases in three levels of control. The first level is responsible for local control, which has a user interface of the platform, the second level of control is responsible for integration with the various local control systems based on safety standards, and the third level is the supervisory system of control. The three levels were modeled with the use of a Production Flow Schema methodology (PFS / RdP). The PFS / MOP methodology is based on the concept of a top-down design with successive refinement of Dynamic Systems to Discrete Events (SDED) that results in a Petri Net model that allows for further analysis for validation through simulation. From the resulting model, it is possible to implement a programming language for Programmable Logic Controllers (CLP) according to IEC 61131-3

**Keywords.** *Modeling, Petri Net, Assistive Technology Platform*

**Introdução.** O aumento da expectativa de vida da população se deve ao envelhecimento da sociedade. Conseqüentemente, os custos com os cuidados das pessoas idosas estão crescendo constantemente. Paralelamente, pessoas acamadas, com deficiência, deficientes ou em reabilitação precisam de tecnologias assistivas para melhorar sua qualidade de vida durante a internação ou cuidados domiciliares.

Um progresso notável em ciências e tecnologias está apontando para tecnologias domésticas inteligentes. Buscando auxiliar pessoas com mobilidade reduzida, foi proposto uma Plataforma Reconfigurável de Tecnologia Assistiva.

**Plataforma de Tecnologia Assistiva.** Consiste principalmente em uma plataforma reconfigurável de cama / cadeira / suporte para sustentação em pé. É constituída de quatro módulos, ou subsistemas, que visam ajudar na remoção de um paciente em cadeira de rodas, auxiliam durante fisioterapia, movimentação vertical para mudança de posição e aquisição de dados, conforme fig.1



**Figura 1:** Plataforma de Tecnologia Assistiva em três posições. Ilustrando em azul os quatro eixos articulados e em vermelho, os movimentos (1).



O Sistema de Controle para comandar a Plataforma Reconfigurável de Tecnologia Assistiva se baseia em três níveis de controle. O primeiro nível é responsável pelo controle local, que possui uma interface com o usuário da plataforma, o segundo nível de controle é responsável pela integração com os diversos sistemas de controle locais com bases nas normas de segurança, e o terceiro nível é o sistema supervisorio de controle. (1).

A modelagem destes três níveis de controle foi elaborada através da metodologia *Production Flow Schema/Redes de Petri (PFS/RdP)*.

**Redes de Petri (RdP).** As Redes de Petri (RdP) são um modelo matemático, proposto pela primeira vez por Carl Adam Petri em 1962 com o intuito de estudar a comunicação entre sistemas autômatos (2). A RdP como uma ferramenta gráfica, permite uma comunicação visual entre projetistas. Por outro lado, como ferramenta matemática é o modelo que representa o comportamento do sistema real por meio de equações algébricas.

A RdP, é um grafo bipartido constituída de dois tipos de elementos; os círculos, que representam os lugares, e as barras, que representam as transições, são conectados por um arco orientado que saem de um lugar para uma transição ou de uma transição para um lugar, conf. fig.2 (3)

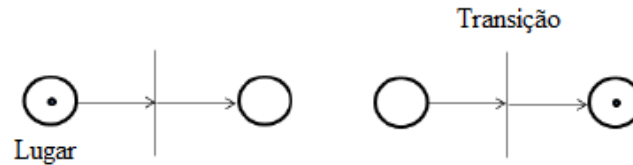
Um lugar pode ser utilizado como indicação de um estado do sistema a ser modelado. Já a transição pode representar uma operação ou ação realizada pelo sistema. O arco que sai de um lugar e chega a uma ou mais transições, indica as condições para que uma ação seja realizada. O arco que parte de uma transição e alcança um ou mais lugares, representa as funções que geram os estados após a execução de uma ação.

A simulação de uma Rede de Petri ocorre de acordo com as suas regras de disparo, da seguinte forma: uma transição é considerada habilitada para disparo se houver um número de marcas nos lugares de entrada igual ou maior que os respectivos pesos de arco. Após o disparo, os lugares de entrada perdem marcas na quantidade equivalente aos pesos dos respectivos arcos e são introduzidas marcas nos lugares de saída.

Redes de Petri são adequadas e eficientes para modelar atividades que podem ser executadas independentemente uma da outra, de forma concorrente, paralela, assíncrona (eventos podem ocorrer ou se repetir sem uma periodicidade), distribuída (o controle da ocorrência de eventos não é centralizada), não-paralela, determinística ou estocástica (4).

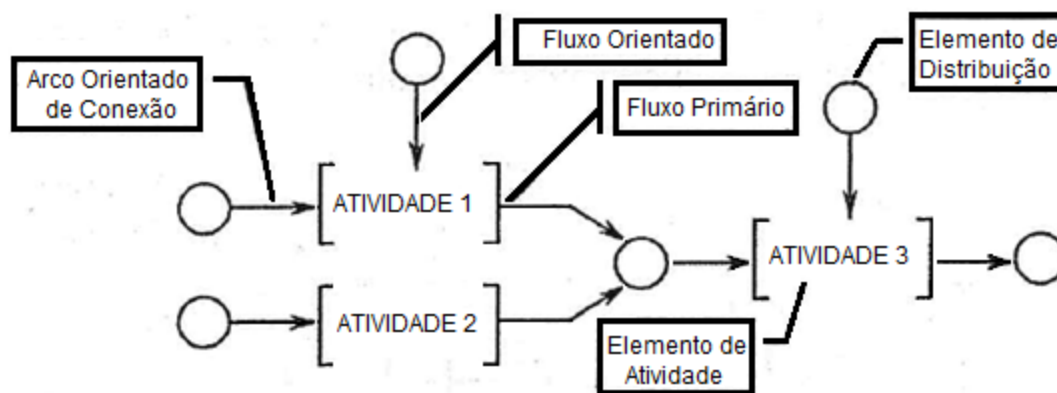
Também nos permite analisar um sistema modelado, revelando propriedades importantes do sistema em relação a sua estrutura e comportamento dinâmico, facilitando sua modificação quando necessário (5).

Conseqüentemente, o processo de modelagem utilizando RdP consiste em identificar os estados do objeto de controle e os eventos associados as transições que causam a transição entre estados (6).



**Figura 2:** Elementos RdP sendo o Lugar a representação de um estado do sistema a ser modelado. E a transição representa uma operação ou ação realizada pelo sistema.

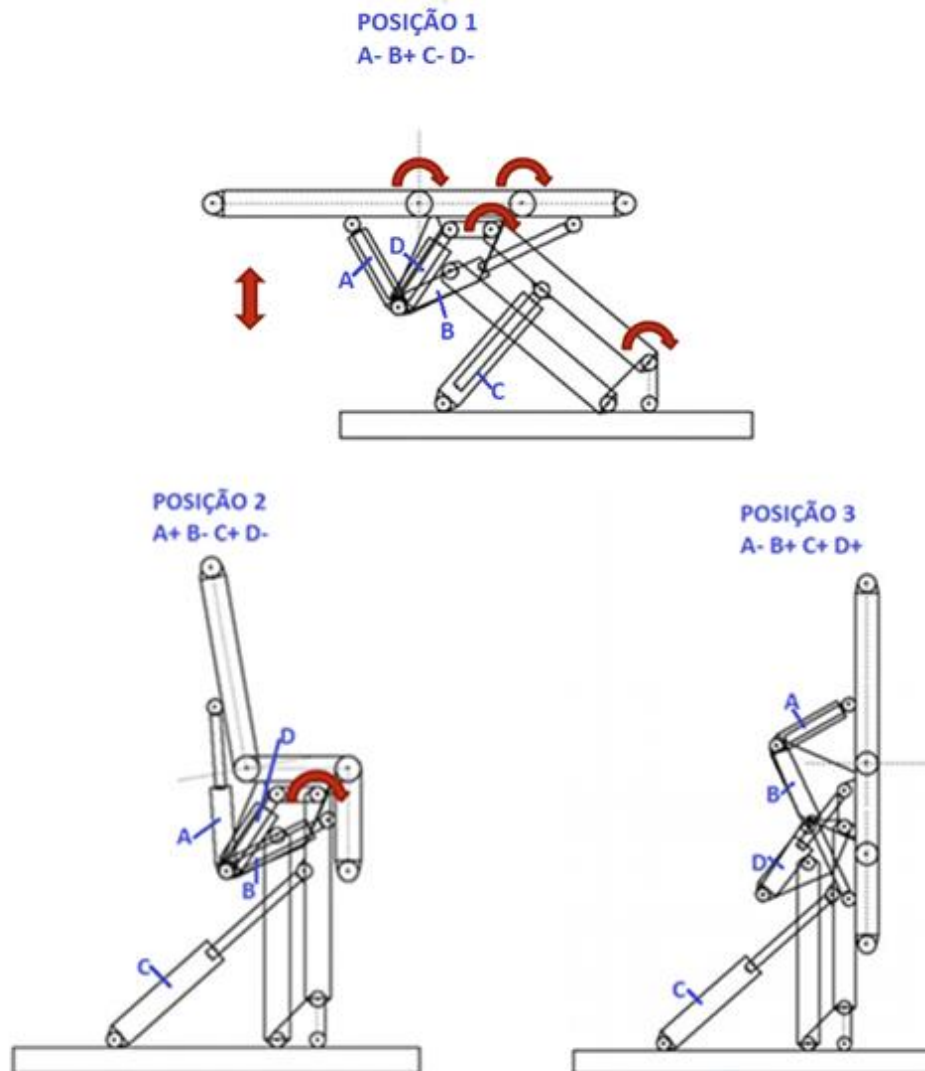
**Production Flow Schema (PFS).** O PFS tem como objetivo sistematizar e facilitar a modelagem baseada em RdP. É utilizada na abordagem *top-down*, explorando o conceito macro-eventos, isto é, atividades que podem incluir vários outros eventos e estados organizados hierarquicamente. (6) Concebida com o objetivo de representar o fluxo de itens (materiais ou informações), dos tipos de atividades e suas inter-relações. Desta forma, um grafo PFS é uma representação conceitual de um sistema produtivo, baseado nos fluxos de materiais e informações. Os elementos do PFS são representados na Figura 3. Neste tipo de grafo, os elementos de atividade e os elementos de distribuição são conectados mutuamente através dos arcos orientados onde, elementos do mesmo tipo não podem ser conectados diretamente uns aos outros e cada um destes elementos recebe inscrições indicando sua interpretação específica para o modelo elaborado (7).



**Figura 3:** Elementos da PFS: Elementos de atividade e os elementos de distribuição são conectados mutuamente através dos arcos orientados onde, elementos do mesmo tipo não podem ser conectados diretamente (7).

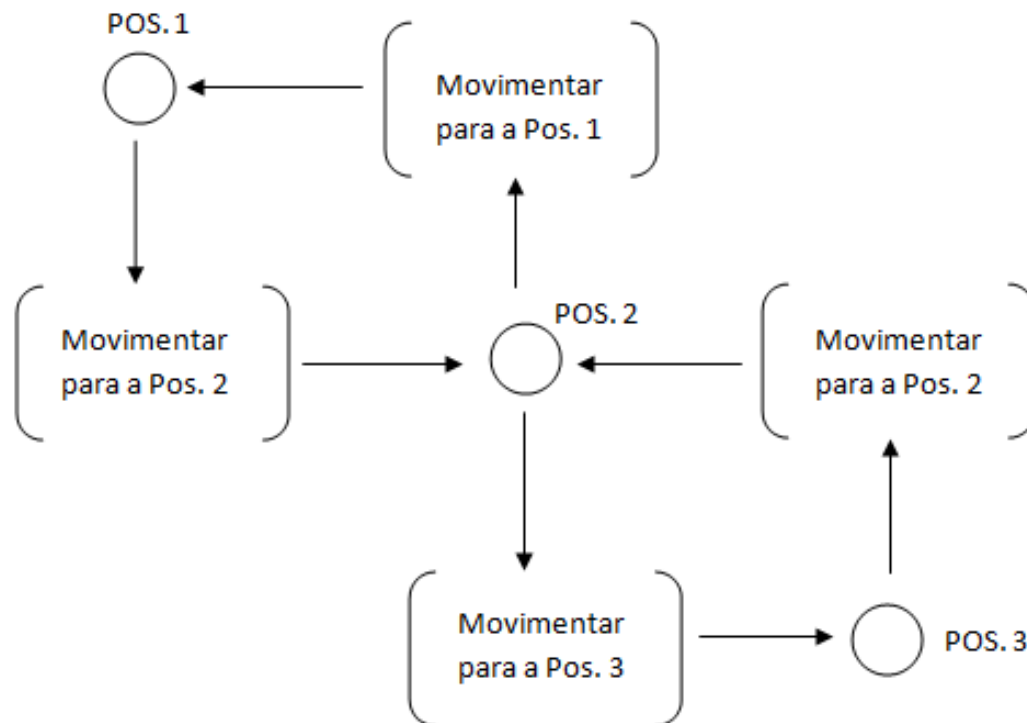
**Modelagem.** Para simplificar a modelagem, determinamos três posições, para a Plataforma de Tecnologia Assistiva, de maior utilização pelos pacientes, e as nomeamos em posições 1, 2 e 3,

sendo; posição 1: deitado, posição 2: sentado; e posição 3: em pé. Após análise, do posicionamento dos cilindros pneumáticos que compõe a plataforma, descrevemos o estado em que se encontram (avançado ou recuado) em cada uma dessas posições, utilizando os sinais matemáticos positivo e negativo. Quando o cilindro está avançado, utiliza-se o sinal positivo, quando o cilindro estiver recuado, utiliza-se o sinal negativo conf. fig. 4.



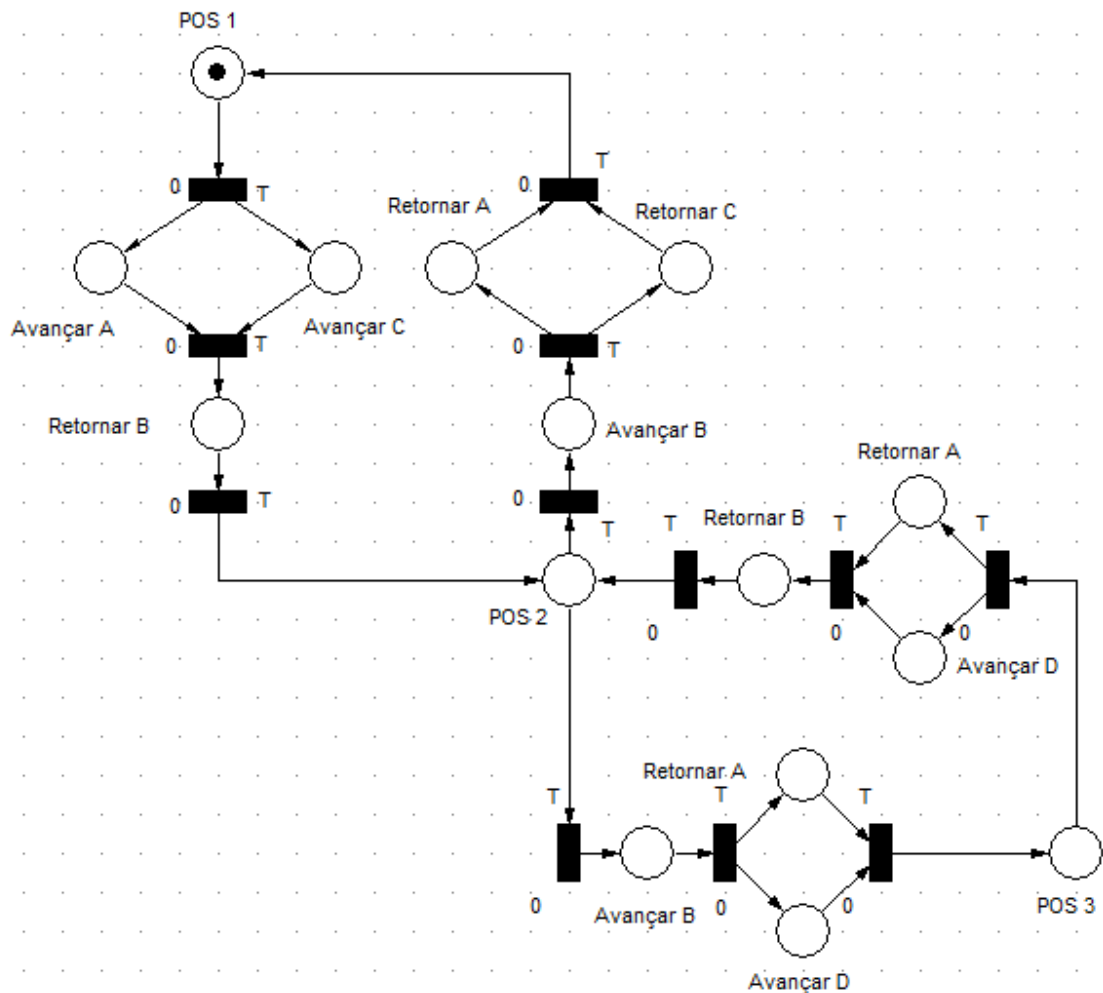
**Figura 4:** Posição 1: Deitado, Nesta posição os cilindros A, C, D encontram-se recuados, e o cilindro B encontra-se avançado; Posição 2: Sentado, Nesta posição os cilindros A e C encontram-se avançados, já os cilindros B e D encontram-se recuados; Posição 3: Em Pé, Nesta posição o cilindro A encontra-se recuado e os cilindros B, C e D encontram-se avançados.

Primeiramente, o processo de especificação da movimentação dos cilindros para mudança de posição da plataforma, foi modelado de forma macro, através do PFS, considerando as principais atividades que devem ser executadas, além da relação de seqüenciamento destas atividades. Definido o processo macro, fig. 5, aplicou-se o refinamento sucessivo o detalhamento das atividades do processo.



**Figura 5:** Modelagem em PFS, indicando as macro atividades do processo.

Nesta etapa da modelagem, a partir da PFS defini-se a relação estado-evento-estado das atividades no PFS para a Rdp (6). O que antes era a atividade “movimentar”, agora tornou-se uma seqüência de atividades de avanço e retorno de cilindros que ao serem executados, irão movimentar a plataforma, de modo que chegue à posição desejada, conforme fig. 6.



**Figura 6:** Modelagem em RdP, com detalhamento de todas as macro atividades do PFS.

**Conclusão.** Na busca por uma maior independência para pessoas com deficiências e melhorar os resultados das terapias a longo prazo dentro do hospital ou em casa, Tecnologias Assistivas estão cada vez mais sendo estudadas e desenvolvidas. Nelas, cada vez mais as automações estão presentes, sendo essencial o desenvolvimento de um sistema supervisor que seja responsável pelo controle dos diversos sistemas de controle locais e sua integração com as normas de segurança.

Para o modelamento do sistema de controle da Plataforma Reconfigurável de Tecnologia Assistiva utilizamos a metodologia *Production Flow Schema/Redes de Petri (PFS/RdP)*, onde conseguimos determinar as macros atividades utilizando o PFS, e posteriormente detalhar todas as atividades utilizando *Redes de Petri*. A partir do modelo resultante, é possível obter a



linguagem de programação para Controladores Lógico Programáveis (CLP), baseando-se na norma IEC 61131-3.

De acordo com a norma IEC 61131, existem atualmente cinco linguagens padronizadas para programação CLP: IL (Lista de Instruções), ST (Texto Estruturado), FBD (Diagramas de Blocos Funcionais), SFC (Sequential Function Charts) e LD (Diagramas Ladder) (8).

A associação de modelos em RdP com a linguagem de programação CLP visa a representação de um sistema a ser automatizado descrito na forma gráfica, em uma representação de fácil entendimento (7).

### **Referências Bibliográficas.**

- (1) Bock E, Araki S, Souza R, Ronei D, Hernandez M, Frantz J, et al. Integrated supervisory system to control a reconfigurable platform of assitivve technology. Automation and Robotics (ICCAR). 2017 3rd International Conference on Control, Nagoya, Japan.
- (2) Cardoso J, Valette R. Redes de Petri. Florianópolis: Editora da UFSC 1997.
- (3) Costa EMM. Redes de petri e aplicações aos sistemas a eventos discretos. Clube dos autores, 2007
- (4) Murata T. Petri nets: Properties, analysis and applications. Journal of the Proceedings of the IEEE, 77(4):541–580. 1989.
- (5) Cassandras CG, Laforte S. Introduction to Discrete Event Systems. Second Edition. New York: Springer Vergag, 2007.
- (6) Oliveira LNZ, Frajuca C, Nakamoto FY. Modelagem de um processo de especificação de equipamentos de telecomunicações utilizando rede de petri – Revista Telecomunicações Vol. 16 N° 2, 2014
- (7) Miyagi PE, Kagogara MY, Junqueira F, Riascos LAM. Metodologia PFS/MFG para a automação balanceada de sistemas de produção enxuta. 1995 - 4o. SBAI- Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, São Paulo.
- (8) IEC 61131-3: Programming industrial automation systems: concepts and programming languages, requirements for programming systems, aids to decision-making tools / Karl-Heinz Jhon, Michael Tiegelkamp. p.cm. ISBN 3540677526