



**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**

**Daniel Motta Camargo Silva  
e  
Danilo Macari**

**Modelagem de um Posto de Saúde como um Sistema a Eventos  
Discretos utilizando Redes de Petri**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a conclusão do curso de Engenharia Mecânica - Automação e Sistemas.

Orientador:  
Prof. Dr. Eng<sup>o</sup>. Paulo Eigi Miyagi

São Paulo  
1998

# ÍNDICE

---

<b>1. Introdução</b>	<b>01</b>
<i>1.1 Justificativa e Motivações</i>	<i>01</i>
<i>1.2 Objetivos</i>	<i>04</i>
<i>1.3 Organização do texto</i>	<i>04</i>
<b>2. Análise de Sistemas a Eventos Discretos</b>	<b>06</b>
<i>2.1 Sistemas a Eventos Discretos</i>	<i>09</i>
<i>2.2 Redes de Petri e diagramas PFS</i>	<i>11</i>
<i>2.3 Análise de Sistemas por Simulação</i>	<i>18</i>
<b>3. Posto de Saúde</b>	<b>22</b>
<i>3.1 Descrição Geral do Posto de Saúde</i>	<i>22</i>
<i>3.2 Caracterização do Posto de Saúde como um Sistema a         Eventos Discretos</i>	<i>24</i>
<i>3.3 Descrição do Funcionamento do Posto</i>	<i>24</i>
3.3.1 Fluxo de paciente de outra região	27
3.3.2 Fluxo de paciente fora do horário de matrícula	27
3.3.3 Fluxo de paciente que chega para matrícula	28
3.3.4 Fluxo de paciente que chega para consulta	30
3.3.5 Fluxo de paciente com urgência	33
<i>3.4 Outras Considerações</i>	<i>34</i>

<b>4. Modelagem e Simulação do Posto de Saúde</b>	<b>36</b>
<i>4.1 Ferramentas de Modelagem</i>	<i>36</i>
<i>4.2 Modelos em PFS e Redes de Petri</i>	<i>41</i>
<i>4.3 Análise dos Resultados</i>	<i>42</i>
<b>5. Conclusões</b>	<b>61</b>
<b>A. Anexo</b>	<b>64</b>
<i>A.1 Fluxo de Pacientes</i>	<i>64</i>
<i>A.2 Aspectos Desconsiderados</i>	<i>66</i>
<i>A.3 Grafo de Fluxo vs. Grafo de Controle</i>	<i>70</i>
<b>Bibliografia</b>	<b>75</b>

## **1.1 Justificativa e Motivações**

De acordo com [Paiva,96], o Brasil de hoje vive uma crise no serviço de saúde, já que os recursos destinados à saúde de uma população cada vez maior se encontram cada vez mais reduzidos. Segundo o mesmo autor, em 1.989 a saúde recebeu US\$ 11,3 bilhões, que foram reduzidos para US\$ 7,5 bilhões em 1.994 e, em 1.997, foram suficientes apenas para pagamento dos serviços conveniados e contratados. Ainda de acordo com [Paiva,96], a deterioração de importantes serviços e a estipulação de uma tabela inadequada para procedimentos médicos, tornam cada vez mais difícil o atendimento devido de cerca de 80% do povo brasileiro, justamente os mais carentes, que recebem menos de cinco salários mínimos por mês. [Paiva,96] afirma ainda que até que cheguem as reformas, a estabilidade econômica e a modernidade, é necessária uma concentração no equacionamento da questão do financiamento do sistema de saúde. O autor acredita que não é suficiente apenas conferir aos gastos eficácia e racionalidade, acabar com a irregularidade do fluxo financeiro, o fisiologismo e a desonestidade no trato com a verba pública, mas principalmente, deve-se aumentar os recursos hoje destinados ao setor.

De acordo com [Pestana,96], a população de menores recursos, que após o Plano Real se beneficiou da estabilidade da cesta básica dobrando o consumo de alimentos, não consegue obter recursos para se afiliar à convênios particulares,

tendo assim crescente dificuldade de obter atendimento hospitalar. [Pestana,96] afirma ainda que, de alguma forma, e mesmo por dever constitucional, o sistema público deverá garantir aos hospitais universitários e às Santas Casas a manutenção de seu compromisso social com a parcela mais carente da população, mantendo a vocação tradicional dessas instituições.

Conforme entrevistas realizadas com usuários e funcionários do Centro de Saúde Geraldo de Paula Souza, o serviço público de saúde no Brasil vem se mostrando pouco eficiente. Para estas pessoas, soluções devem ser então encontradas a fim de melhorar este tipo de serviço público. Além disso, conforme afirma [Pestana,96], é importante que se destaque que em um país de 160 milhões de habitantes, onde a grande maioria não apresenta condições econômicas suficientes para usufruir de serviços contratados em geral, esta insatisfação que existe no que diz respeito à saúde deveria ser tratada com maior prioridade.

Ainda segundo [Pestana,96] e [Paiva,96], as principais causas de todos esses problemas são, na maioria das vezes, de ordem política do governo. Existem, entretanto, alguns outros fatores característicos de cada hospital ou posto de saúde que contribuem para a deterioração do atendimento aos pacientes. A ausência de uma metodologia efetiva de controle, para as mais diversas áreas de funcionamento do hospital ou posto de saúde, é um desses fatores que contribuem para aumentar o tempo de espera por um atendimento e a ineficácia do sistema como um todo, prejudicando assim os serviços prestados à população.

Para efeito de estudo destes sistemas, técnicas de modelagem devem ser desenvolvidas. Um fator que auxilia este estudo é que o sistema de saúde pode ser caracterizado com um Sistema a Eventos Discretos (SED) [Miyagi,96]. Em outras

palavras, todo o paciente que chega ao hospital ou posto de saúde permanece um tempo determinado na espera, até iniciar seu atendimento. O atendimento realizado despende certo tempo até que seja concluído, liberando assim tanto o paciente como funcionário e/ou equipamentos envolvidos naquele atendimento. Pode-se assim verificar que existe uma série de condições e eventos inter-relacionados entre si, interagindo de modo que um evento só ocorre quando suas pré-condições estão satisfeitas, e uma vez ocorrendo, este evento gera novas situações (pós-condições), que representam pré-condições de eventos que ocorrerão dali para frente. A possibilidade de se modelar um posto de saúde ou hospital como um sistema a evento discreto (SED) é um fator que motiva a realização do presente trabalho, pois na área de modelagem e análise de sistema existem diversos trabalhos e técnicas efetivas para o estudo desta classe de sistemas .

Técnicas como as Redes de Petri, diagramas PFS (Production Flow Schema) ou MFG (Mark Flow Graph) permitem modelar e analisar sistemas a eventos discretos de forma relativamente simples e efetiva [Miyagi,96]. A conjugação de todos esses fatores fornece as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de um projeto na área de sistemas de saúde: um sistema de saúde considerado ineficiente por [Paiva,96] e [Pestana,96] que, aplicando métodos para a sua modelagem e análise, pode ser melhorado para melhor servir a população.

O trabalho se desenvolverá baseado no funcionamento do Centro de Saúde Geraldo de Paula Souza, que foi considerado como um sistema representativo da estrutura que suporta o sistema de saúde pública no Brasil. Conforme as visitas e pesquisas realizadas em outros hospitais públicos de São Paulo, como o Hospital das Clínicas por exemplo, verificou-se que o estudo dos eventos envolvidos neste

posto de saúde pode ser utilizado (com as devidas restrições) como base para aplicação de técnicas de modelagem para o sistema de saúde pública como um todo.

## 1.2 Objetivos

Baseado nas considerações da sessão anterior, o objetivo desse trabalho é desenvolver o modelo de um Posto de Saúde baseado na teoria de Sistemas a Eventos Discretos, e realizar análises por simulação para verificar o funcionamento do posto (com ênfase no fluxo de pacientes) e a efetividade da teoria das Redes de Petri na descrição estrutural e comportamental destes sistemas.

## 1.3 Organização do texto

Este trabalho está dividido em 5 capítulos: Introdução, Análise de Sistemas a Eventos Discretos, Estudo de Caso: Posto de Saúde, Modelagem e Simulação do Posto de Saúde, e Conclusões.

Capítulo 1 (Introdução): descreve as motivações e justificativas do trabalho, na qual foi delineado o objetivo a ser atingido.

Capítulo 2 (Análise de Sistemas a Eventos Discretos): faz uma descrição dos conceitos de SED, redes de Petri e técnicas de análise de sistemas consideradas no presente projeto.

Capítulo 3 (Estudo de Caso: Posto de Saúde): caracteriza o funcionamento do posto de saúde Geraldo de Paula Souza como um Sistema a Eventos Discretos,

permitindo que as técnicas de modelagem e análise citadas no Capítulo II sejam então aplicadas.

Capítulo 4 (Modelagem e Simulação do Posto de Saúde): são desenvolvidos os modelos em Redes de Petri que representam o funcionamento de cada serviço representativo que o posto de saúde presta à comunidade. Parte-se da compreensão de cada área do posto isoladamente, para que então se realize o estudo do sistema como um todo. Este capítulo descreve também a análise dos resultados obtidos.

Capítulo 5 (Conclusões): faz uma consideração final sobre o trabalho.

## **2. Análise de Sistemas a Eventos Discretos**

De acordo com [Hurion, 1986], sistemas podem ser classificados em dois tipos básicos: os *Sistemas Estocásticos* e os *Não-Estocásticos*. Os não-estocásticos são aqueles sistemas que podem ser modelados por meio de relações matemáticas relativamente simples, e seus estados podem ser pré determinados com boa precisão.

Sistemas estocásticos, no entanto, apresentam um número de variáveis muito elevado quando comparados com os não-estocásticos, e por isso são relativamente mais difíceis de serem modelados.

Exemplos de sistemas não-estocásticos são a temperatura dentro de uma sala, a pressão dentro de um vaso de pressão, ou um sistema mecânico tipo massa-mola. Para os sistemas estocásticos pode-se tomar como exemplo o atendimento de pessoas numa fila, uma linha de produção de uma empresa, ou um posto de saúde.

Ainda segundo [Hurion, 1986], para os sistemas estocásticos, como por exemplo uma linha de produção de uma empresa, é conveniente o desenvolvimento de um modelo para simulação. Isso porque, para modelar matematicamente o funcionamento desse sistema seria necessário considerar uma quantidade relativamente grande de variáveis envolvidas como: entidades (ou produtos da linha de produção), recursos (funcionários, maquinário e ferramentas), e levar em conta ainda que cada uma dessas entidades e recursos tem seu próprio conjunto de variáveis. Por exemplo, a empresa pode fabricar mais de um tipo de produto, e cada um desses tipos deve passar por máquinas diferentes dentro da empresa. Para a

classe “recurso”, é possível destacar variáveis como habilidade e velocidade de um funcionário, ou velocidade, disponibilidade e confiabilidade de uma máquina, por exemplo. Com toda essa gama de variáveis devendo ser levada em consideração, torna-se difícil modelar o sistema por meio de relações matemáticas simples.

Para solucionar esse problema são desenvolvidos modelos para simulação do sistema. Através dessa metodologia, a identificação dos pontos críticos do sistema que está sendo modelado se torna mais simples.

Conforme o mesmo autor [Hurion, 1986], com o desenvolvimento de um modelo adequado, é possível que problemas sejam identificados com economia de tempo e dinheiro, dado que a análise por simulação permite visualizar o impacto de alterações no sistema sem que estas sejam efetivamente implementadas. Através da modelagem e simulação, é possível testar algumas sugestões (variando-se um ou outro parâmetro do modelo), até se encontrar a solução ideal para o sistema.

[Hurion, 1986], enumera alguns passos elementares para a construção de um modelo:

1-) *Definição do problema* - uma observação criteriosa do problema pode freqüentemente evidenciar as áreas críticas do sistema, de modo que a atenção deve então ser focada nessas áreas.

2-) *Identificação e coleta das informações necessárias* - trata-se de uma parte crítica dentro do desenvolvimento de um modelo. A quantidade e qualidade das informações requeridas devem ser decididas, e sua coleta deve ser providenciada. Pelo fato da modelagem propriamente dita não ter ainda se iniciado nessa fase do

processo, algumas necessidades ainda não se manifestaram. Em outras palavras, por vezes será necessário coletar novos dados, na medida em que a necessidade se evidencia. Ainda com relação à identificação e coleta das informações necessárias, eventualmente algum dado pode ser difícil de ser coletado, e aproximações, nesses casos, se fazem necessárias.

3-) *Construção do modelo* – essa é uma etapa relativamente simples, desde que o construtor tenha o conhecimento necessário de linguagens de simulação e que as fases anteriores tenham sido devidamente realizadas.

4-) *Validação do modelo* - é o processo de se certificar que o modelo realiza o que é desejado e da maneira que é especificada. Isso é normalmente realizado comparando-se várias simulações daquele modelo, bem como os resultados obtidos pela simulação com os resultados obtidos com outros métodos. Para sistemas que não existem efetivamente, essa é uma etapa bastante crítica, já que comparações com o “mundo real” não podem ser realizadas.

Em geral, várias simulações são realizadas a cada estágio do desenvolvimento do modelo, e então alterações são realizadas para aprimorar o modelo, e assim sucessivamente, de maneira iterativa.

## 2.1 Sistemas a Eventos Discretos

De acordo com [Miyagi, 1996], “man made systems” como sistemas de manufatura, de transporte, de comunicação, de redes de computadores, etc. são caracterizados por uma dinâmica decorrente da ocorrência de eventos e manutenção de estados que do ponto de vista formal estão classificados na área de **Sistemas a Eventos Discretos (SED)**. Segundo o mesmo autor, os sistemas podem ser classificados em Sistemas a Eventos Discretos (SED) e Sistemas de Variáveis Contínuas (SVC).

Um SED é caracterizado por possuir variáveis que alteram seus valores discretamente com o tempo. Como exemplo, é possível citar o processo de atendimento num balcão de atendimento. Num dado estado, não existem usuários, e o atendente do balcão está desocupado. Num outro estado podem haver mais de um usuário, formando uma fila, e o atendente pode estar ocupado atendendo alguém no balcão. A variável discreta de estado é caracterizada pela variável “atendente” que ora se encontra no estado “ocupado” e, no estado seguinte, essa mesma variável pode estar no estado “desocupado”.

Segundo [Miyagi, 1996], em SED a mudança de estados não está atrelada ao tempo. A mudança de estados nesse sistema depende apenas do estado anterior em que o sistema se encontrava. Dessa forma o sistema só altera o seu estado quando todas as condições para aquela mudança estiverem satisfeitas, não importando o tempo decorrido.

Já em Sistemas de Variáveis Contínuas (SVC), essas variáveis variam continuamente no tempo, e estão atreladas à passagem do tempo. Como exemplo,

tome-se a temperatura da água que está sendo aquecida dentro de um recipiente qualquer. A temperatura vai subir continuamente segundo uma relação físico-matemática. Além disso, a dependência com o tempo se mostra pelo fato que, em princípio, por quanto mais tempo for fornecido calor à água, mais a sua temperatura (variável) vai variar.

Contrastando-se os conceitos de SED contra os de SVC nota-se a diferença: enquanto que no caso do SVC a temperatura varia infinitesimalmente de estado para estado (ou de forma contínua), no SED, como numa fila, por exemplo, os eventos (mudança de estados) ocorrem em intervalos discretos e bem definidos no tempo. Além disso, para o caso de uma fila, o atendente só vai ser capaz de atender o usuário se existir pelo menos um usuário nesta fila. Isso mostra a independência dos SEDs com o tempo. Seu estado seguinte vai depender apenas do estado anterior em que se encontrava.

Um posto de saúde pode ser caracterizado como um SED pelo fato que as suas variáveis alteram seus valores discretamente com o tempo. Como exemplo, pode-se citar o início de um atendimento no posto, ou a chegada de um paciente, ou ainda o término de outro atendimento. Cada um desses eventos é bem definido e podem, em princípio, serem considerados independentes do tempo, encaixando-se na definição de SED.

Atualmente existem alguns estudos acerca de sistemas de saúde e simulação, abrangendo também o conceito de SED [Manivannan, 1994] e [Kang, 1995].

## 2.2 Redes de Petri e diagramas PFS

*Redes de Petri e suas características [Miyagi, 1996]:*

A teoria de redes de Petri é um dos meios mais efetivos de modelagem de SED. A representação gráfica destas redes é constituída por arcos direcionados e dois tipos de nós. Os símbolos gráficos utilizados são:

- um círculo para o nó chamado de lugar (place);
- uma barra para o nó chamado de transição (transition);
- uma seta para o arco (arc) direcionado.

No grafo da rede de Petri, o arco conecta um lugar a uma transição. Quando o arco inicia em um lugar, termina numa transição; e quando inicia em uma transição, termina num lugar, isto é, não existem arcos que partem de lugares e chegam em lugares ou que partem de transições e chegam em transições. Este grafo orientado permite múltiplos arcos entre um mesmo par transição-lugar.

A FIGURA 2.1 abaixo apresenta um exemplo do grafo da rede de Petri.  $p1$  a  $p5$  indicam lugares e  $t1$  a  $t5$  indicam transições. Note que existe um arco duplo de  $t1$  para  $p2$ ; e que  $t3$  e  $p3$  estão ligados por arcos nas duas direções.

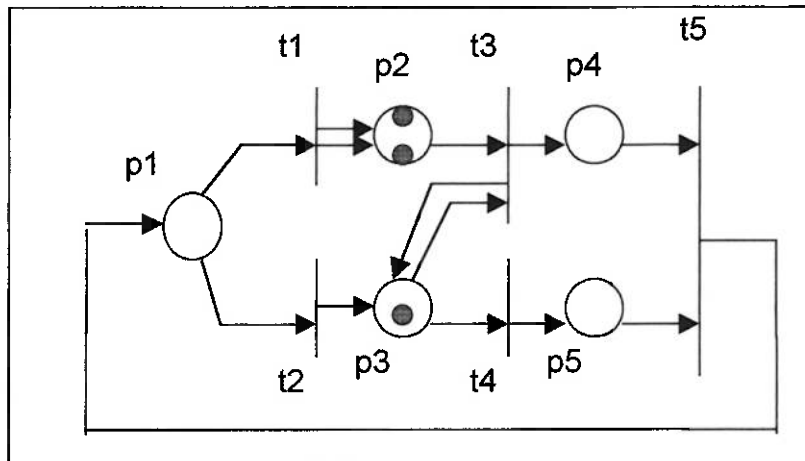


Figura 2.1 - Exemplo de uma Rede de Petri (com marcas em P2 e P3)

Formalmente, a rede de Petri é definida por uma quádrupla  $(P, T, I, O)$ , formada pelo conjunto finito de lugares  $P=\{p_i\}$ , pelo conjunto finito de transições  $T=\{t_j\}$ , pela relação  $O$  dos arcos de  $t_j$  para  $p_i$ , e pela relação  $I$  dos arcos de  $p_i$  para  $t_j$ , onde  $i, j \in \mathbb{N}^+$ . Nas redes de Petri, o estado do sistema é indicado pela distribuição de marcas (tokens), representados por pontos negros dentro dos lugares; e a dinâmica de transição dos estados do sistema é representada pela alteração da distribuição destas marcas.

A alteração dinâmica da distribuição das marcas ocorre através de disparos das transições. Os disparos de transições e alteração da distribuição das marcas seguem as regras abaixo:

(regra-1):

A transição  $t_j$  está habilitada se, e somente se, no seu lugar de entrada<sup>1</sup>  $p_i$  (quando

<sup>1</sup> Lugar de entrada de uma transição é o lugar ou condição diretamente anterior àquela transição. Para uma transição estar habilitada, é necessário que todos os seus lugares de entrada (no caso de existir mais de um) estejam com marcas.

existem mais de um lugar de entrada, considera-se todos os lugares de entrada)  
existem marcas em número igual ou superior ao número de arcos de  $p_i$  para  $t_j$ .

(regra-2):

Com o disparo da transição  $t_j$ , retira-se do lugar de entrada  $p_i$  (e de todos os lugares de entrada, quando existem mais de um) um número de marcas igual ao número de arcos de  $p_i$  a  $t_j$ .

(regra-3):

Com o disparo da transição  $t_j$ , gera-se um número de marcas no lugar de saída<sup>2</sup>  $p_k$  (e em todos os lugares de saída, quando existem mais de um) igual ao número de arcos de saída da transição  $t_j$  para  $p_k$ .

(regra-4):

O disparo da transição é instantânea, isto é, a retirada de marcas dos lugares de entrada ocorre simultaneamente com a geração de outras marcas nos lugares de saída.

Na *FIGURA 2.1*, as transições habilitadas são  $t_3$  e  $t_4$ . Disparando-se por exemplo a transição  $t_3$ , a distribuição das marcas fica como na *FIGURA 2.2*. Neste caso, as transições habilitadas também são  $t_3$  e  $t_4$ . Disparando-se agora a transição  $t_4$ , a distribuição das marcas fica como na *FIGURA 2.3* onde  $t_3$  não está mais habilitada.

---

<sup>2</sup> Lugar de saída de uma transição é o lugar ou condição diretamente posterior àquela transição. Uma vez ocorrido o disparo da transição, todos os seus lugares de saída recebem marcas.

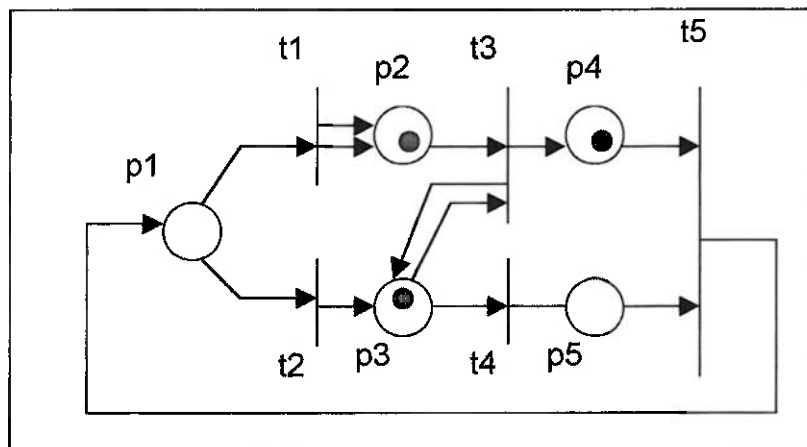


FIGURA 2.2: Rede da Petri da FIGURA 2.1 após o disparo de  $t_3$

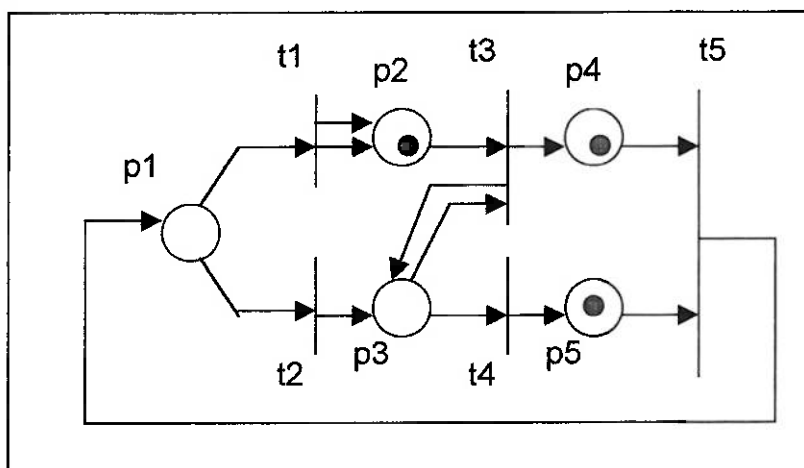


FIGURA 2.3: Rede de Petri da FIGURA 2.2 após o disparo de  $t_4$

Na modelagem utilizando redes de Petri, a interpretação dos lugares e transições não é definida a priori, já que não existe nenhuma regra explícita referente a isso. Desta forma, a rede de Petri é um grafo com alto grau de abstração, podendo representar diferentes aspectos ou elementos de um sistema, dependendo da interpretação atribuída aos lugares e às transições.

## **Production Flow Schema ( PFS )**

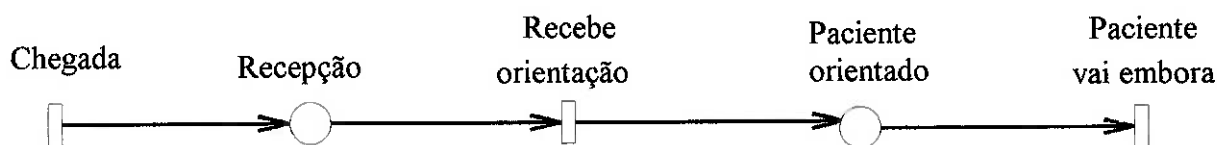
Ainda de acordo com [Miyagi, 1996], para modelar e analisar SED, uma das técnicas gráficas mais importantes e eficientes são os diagramas PFS. Eles facilitam o entendimento do sistema através de uma abordagem top-down.

Dessa forma, o passo anterior ao da modelagem de um sistema utilizando-se a metodologia de Redes de Petri, constitui-se no desenvolvimento dos diagramas PFS. Com isso, é possível tratar o sistema de forma hierárquica, visualizando-se os macro-eventos a priori, para em seguida detalhar o sistema através de Redes de Petri, até o nível de detalhamento desejado.

A técnica de PFS é baseada na estrutura de Redes de Petri. “Atividades” (eventos) também são representados por retângulos, e “distribuidores” (lugares ou condições), por círculos. Uma “atividade” (retângulo) representa um componente ativo do sistema, e é responsável pela modificação, transporte ou produção de itens. Um “distribuidor” (círculo) representa um elemento passivo do sistema, e é capaz de armazenar, assumir determinados estados e tornar visíveis os itens.

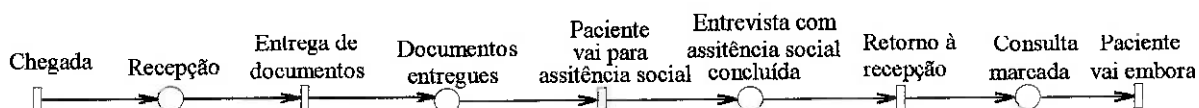
Seguem três exemplos da aplicação de PFS para a geração de modelos em Redes de Petri:

Caso I - Paciente chega pela primeira vez ao Centro de Saúde, fora do horário de matrícula estipulado pelo Posto. O PFS correspondente encontra-se na FIGURA 2.4.



*Figura 2.4 - PFS do paciente que chega fora de horário de matrícula no posto*

Caso II - Paciente chega pela primeira vez, dentro do horário de realização de matrícula estipulado pelo Posto. O PFS correspondente encontra-se na FIGURA 2.5.



*Figura 2.5 - PFS do paciente que chega para matrícula no posto*

Caso III - O paciente, após receber uma medicação por parte da enfermeira, recebe orientação podendo ir então para casa, consultório médico, laboratório ou recepção para marcar retorno. O PFS correspondente encontra-se na FIGURA 2.6.

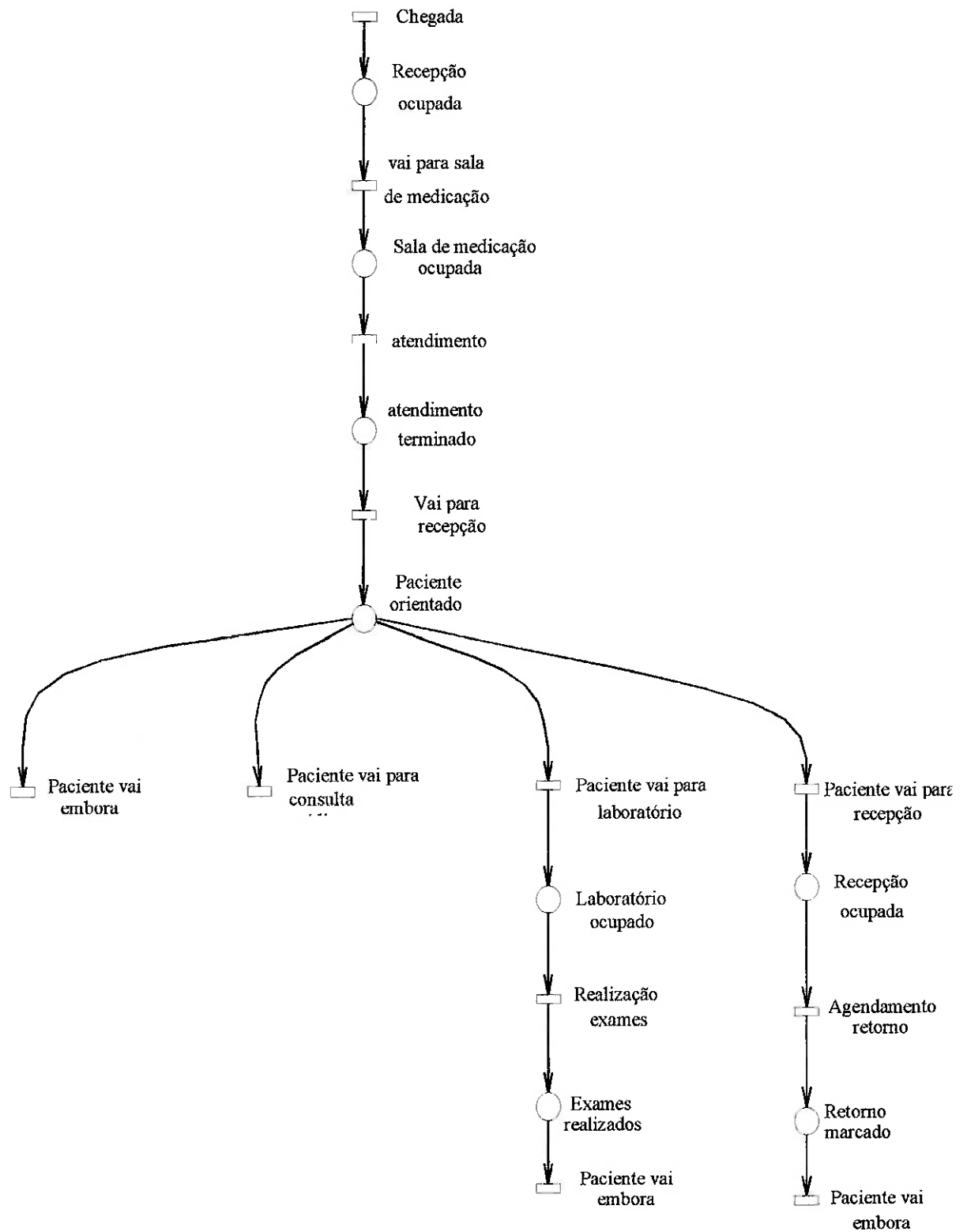


Figura 2.6 - PFS do funcionamento do posto como um todo

## 2.3 Análise de Sistemas por Simulação

Segundo [Hurrion, 1986], a simulação é um exemplo do método científico clássico da Hipótese-Experiência-Análise-Dedução, que é baseado na construção de modelos. Simulação é um método efetivo para se avaliar problemas em que a solução ótima não pode ser definida analiticamente. Exemplos de fatores que levam um problema a ser classificado desta forma incluem a não-disponibilidade de dados para o levantamento estatístico de uma determinada distribuição, ao invés de uma simples média, ou então a necessidade de se considerar vários componentes, e/ou uma mistura variável deles.

Para a análise de sistemas modelados em redes de Petri existem softwares que realizam a simulação da ocorrência de eventos em uma Rede de Petri. Tais programas vão desde os mais simples, em que é possível apenas elaborar a Rede e simulá-la “manualmente”, i.e., quando deseja-se que um evento ocorra, é necessário indicar explicitamente qual é esse evento e o programa automaticamente vai reorganizar a nova configuração (estado) do modelo, habilitando ou não novos eventos, e gerando novas condições para aquela Rede; até softwares mais complexos, em que é possível regular o tempo gasto para um evento ocorrer, a frequência com que este evento ocorre, e até mesmo algum poder de decisão para a Rede, dando prioridade a ocorrência de um ou de outro evento.

## Técnicas de Modelagem

Alguns tipos de técnicas de modelagem podem ser definidas. Elas diferem entre si na sua complexidade, na quantidade de informação que cada uma processa, e no escopo e precisão dos resultados que são obtidos.

A seguir, e baseado no trabalho de [Hurrion, 1986], é apresentado um resumo destacando algumas das principais técnicas de modelagem existentes, e uma breve discussão que abrange algumas das características importantes para uma técnica de modelagem. Entre tais características, é possível destacar:

- **Habilidade do usuário** - trata-se do quão complicados são os conceitos necessários dominar para o desenvolvimento de um modelo utilizando aquela técnica. Técnicas que possuem conceitos mais complexos de serem compreendidos requerem maior habilidade e treinamento do usuário para o desenvolvimento de um modelo;
- **Quantidade de informações processadas e nível de detalhes do modelo** - diz respeito à quantidade de dados que é processado durante a simulação do modelo. Quanto maior for essa quantidade de dados, maior será o nível de detalhamento alcançado pelo modelo.
- **Grau de Confiabilidade** - é o quanto o modelo reflete o comportamento do sistema real durante a simulação. Se o modelo for coerente com o sistema real, seu grau de confiabilidade é alto.

a. *Modelos baseados na teoria de redes de fila.* Esse tipo de modelo é baseado na teoria de redes de filas. A teoria envolvida no desenvolvimento de um modelo

com essa técnica é relativamente simples de ser compreendida. Esta técnica não permite um nível de detalhamento muito alto, devido à limitação da quantidade de informações processadas. Essa técnica é empregada para indicar algumas tendências gerais de um sistema, e pouca confiabilidade pode ser depositada em seus resultados mais detalhados.

- b. Modelos modulares de linguagens de alto nível.** Esses modelos são desenvolvidos em linguagem de alto nível (por exemplo, Basic ou Fortran), e podem ser construídos para representar um sistema qualquer desejado. Um programa típico pode representar uma máquina ou um transportador, por exemplo. Essa técnica de modelagem permite a monitoração de variáveis do modelo por meio de gráficos ou tabelas estatísticas, por exemplo. Se comparada com a técnica da teoria de filas, essa técnica processa uma maior quantidade de dados, atingindo assim um maior grau de detalhamento do sistema.
- c. Modelos que utilizam linguagens de simulação e modelos para emulação.** São aqueles modelos que são construídos utilizando-se uma linguagem específica para simulação. A grande vantagem são as facilidades existentes na própria linguagem (que, sendo específica para esse tipo de atividade, facilita o desenvolvimento de um modelo para análise por simulação). Permitem o processamento de uma grande quantidade de informações, atingindo assim um alto grau de detalhamento do sistema.
- d. Modelos que utilizam as Redes de Petri.** Trata-se de uma técnica de modelagem com conceitos relativamente simples de serem compreendidos, baseados na construção de grafos que modelam o sistema desejado. A construção dos

grafos, que utilizam retângulos para representar um evento e círculos para representar uma condição ou lugar, envolve procedimentos simples, e ao mesmo tempo permite a construção de modelos de sistemas complexos. Uma vantagem da rede de Petri é o fato de que ela pode ser compreendida por profissionais de diferentes áreas. Essa característica é de fundamental importância no desenvolvimento do presente projeto, pois as redes de Petri constituem uma linguagem comum entre os diversos profissionais envolvidos (engenharia e saúde pública).

### **3.1 Descrição Geral do Posto de Saúde**

O Posto de Saúde estudado é uma entidade ligada a Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP). Neste posto são atendidos pacientes provenientes da região na qual o posto está localizado e ele também oferece estágios para os estudantes tanto da Faculdade de Saúde Pública, como para estudantes da Faculdade de Medicina da USP.

A estrutura de pessoal do posto conta com um diretor, responsável pela coordenação do posto de saúde como um todo e pela solução de problemas administrativos, entre outros. No total são 20 médicos que trabalham no posto, sendo que 11 são médicos da própria Universidade de São Paulo, e outros 9 são médicos comissionados, contratados pelo INAMPS, Secretaria da Saúde Pública do Estado de São Paulo ou Prefeitura do Município de São Paulo para trabalharem no posto.

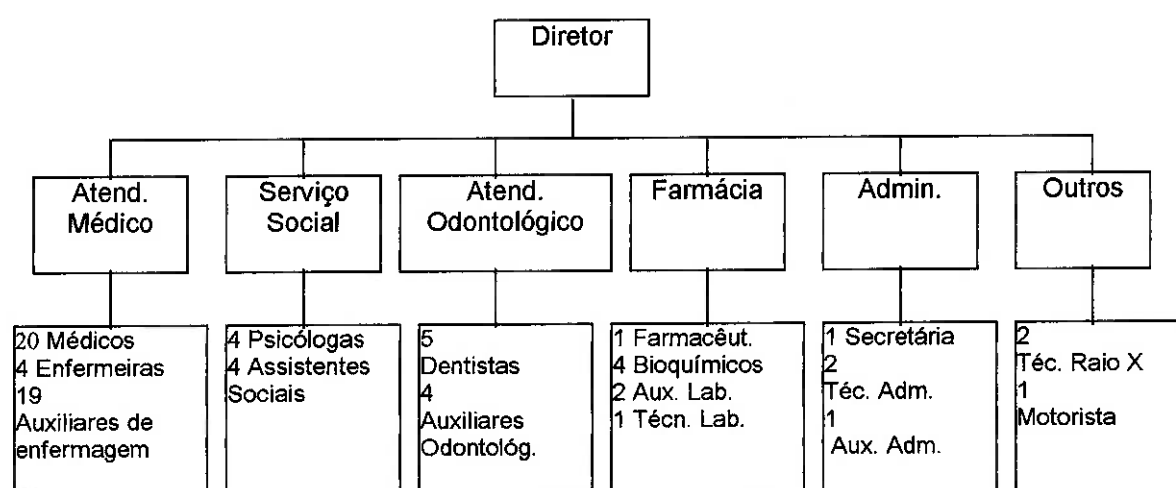
As especializações dos médicos são:

- Pediatria;
- Dermatologia (inclui-se aqui dermatologia geral, doenças sexualmente transmissíveis (DST) e hanseníase);
- Oftalmologia;
- Psiquiatria;

- Clínica Geral;
- Ginecologia e Obstetrícia;
- Homeopatia;
- Acupuntura.

No posto atuam quatro enfermeiras e 16 auxiliares de enfermagem, responsáveis pelo atendimento na pré e pós-consultas, e no auxílio das consultas médicas. O serviço odontológico é realizado por 5 dentistas que atendem no próprio posto, e o serviço social do posto possui 4 assistentes sociais, que têm como incumbência orientar os pacientes que por elas passam. Existem ainda 4 psicólogas entre outros profissionais, como farmacêuticos e auxiliares de laboratório, mas que não são considerados no presente estudo, pois não interferem diretamente no fluxo de pacientes dentro do posto. O serviço burocrático (como secretaria e arquivos, por exemplo), também utiliza técnicos e auxiliares administrativos.

Um diagrama ilustrando como é a estrutura organizacional do posto de saúde pode ser observado na *FIGURA 3.1*.



*Figura 3.1 – Organograma do Posto de Saúde Geraldo Paula Souza*

## **3.2 Caracterização do Posto de Saúde como um SED**

O funcionamento do posto de saúde, conforme está descrito adiante, é baseado em um planejamento desenvolvido pela administração do mesmo, sempre com o auxílio dos médicos. Existe uma rotina de atendimento para cada tipo de paciente. Além disso, os resultados de cada consulta não interferem na realização de uma próxima atividade.

Cada divisão dos serviços oferecidos pelo posto funciona separadamente das outras. Além disso, um evento só ocorrerá quando algum outro já estiver terminado de acordo com o que foi previsto anteriormente. Desta forma, a caracterização do posto de saúde como um Sistema a Eventos Discretos pode ser exemplificada com as descrições de seu funcionamento.

## **3.3 Descrição do Funcionamento do Posto**

O Posto atende pessoas da região onde está localizado. A área de abrangência teórica do posto compreende os bairros de Vila Madalena e Jardim América\*, creches e trabalhadores da região, assim como os funcionários e alunos da Faculdade de Saúde Pública da USP.

Se um paciente de outra região que não a área de abrangência do posto ingressa no mesmo, esse paciente é então encaminhado para o posto devido, próximo da região de onde ele reside.

---

\* Bairros do município de São Paulo

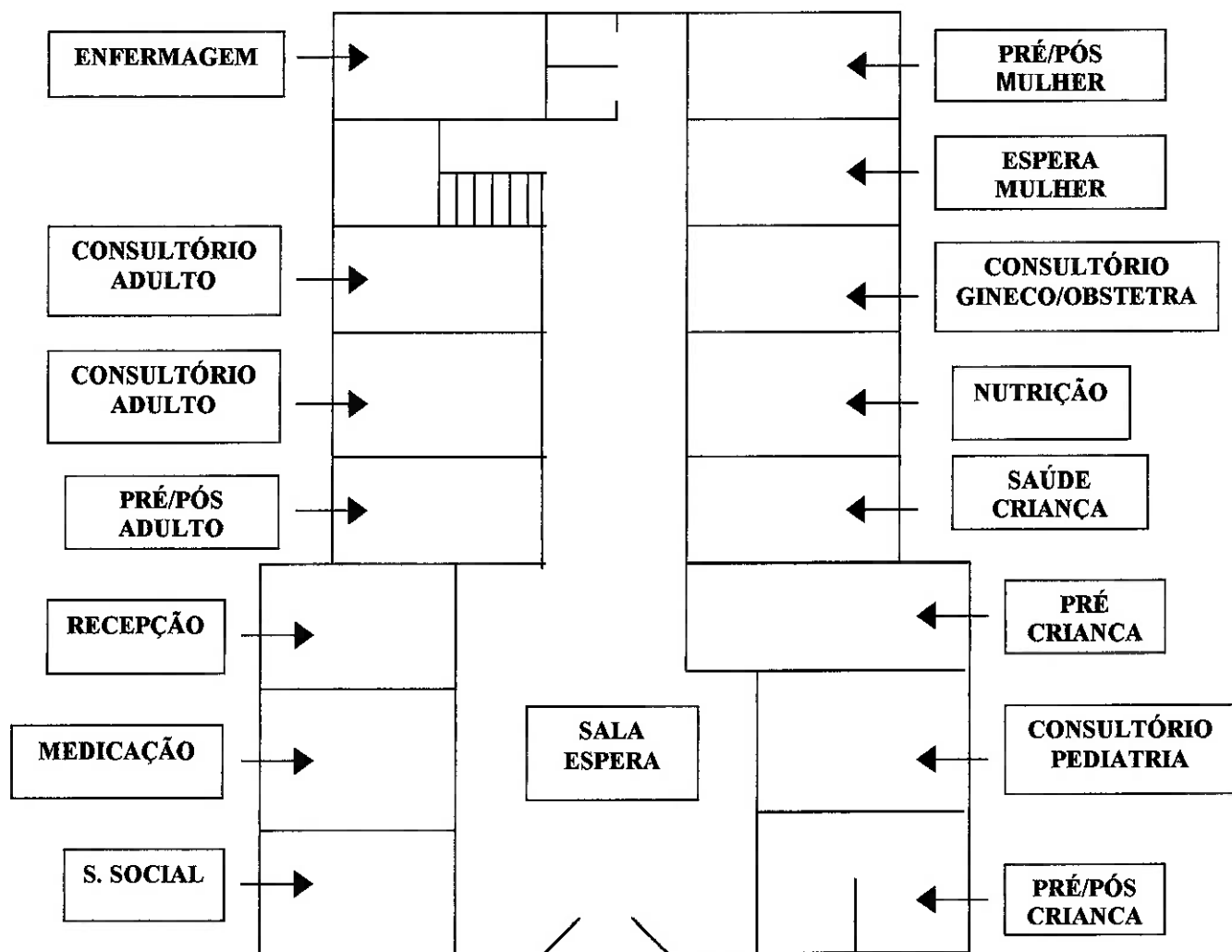
A área de abrangência deste posto é relativamente pequena quando comparada a outros postos de saúde do município de São Paulo. Além disso, a grande área ocupada pelos cemitérios que se localizam próximos ao posto contribui para a redução do número de residências e da quantidade de pessoas que utiliza o posto. Além disso, uma parcela bastante significativa dos pacientes corresponde aos empregados domésticos que trabalham na região e seus familiares.

O Posto funciona diariamente das 8:00 às 16:00 horas. No posto existem salas de atendimento médico, salas para o agendamento (recepção), salas para o serviço social, etc. De acordo com o problema apresentado pelo paciente, ele é atendido ou não nestas salas. É possível observar, na figura 3.2 um esquema da planta do prédio principal do posto de saúde.

Existem no posto três tipos básicos de atendimento aos pacientes:

- Saúde da Criança;
- Saúde da Mulher;
- Saúde do Adulto.

Em todos os tipos de atendimento, os pacientes passam por diversos exames, entrevistas, orientações e consultas médicas.



*Figura 3.2 - Esquema da Planta do Prédio Principal do Posto de Saúde*

Na saúde da criança são atendidas crianças e adolescentes. Na saúde da mulher são atendidas gestantes e realizados tratamentos ginecológicos corriqueiros. A saúde do adulto caracteriza-se pelo atendimento a adultos em geral. Ela pode ser subdividida em atendimentos a adultos e atendimento a idosos. Do ponto de vista do fluxo dos pacientes, os três tipos de atendimento são similares. A diferenciação só ocorre no momento da consulta, quando os médicos

e as enfermeiras focalizam suas atenções em um ou outro sintoma característico, de acordo com o tipo do paciente.

Para efeito da modelagem do posto de saúde, entretanto, essas pequenas diferenciações podem ser desconsideradas. Cada um dos tipos de atendimento (criança, mulher e adulto) tem suas respectivas salas de atendimento, conforme será descrito a seguir.

Vários são os caminhos que um paciente pode seguir uma vez dentro do posto. Cada um desses caminhos será analisado separadamente, conforme segue:

### **3.3.1 Fluxo de Paciente de Outra Região**

Quando um paciente que não é da área de abrangência do posto de saúde se dirige ao agendamento (recepção), ele é imediatamente orientado a se cadastrar em um posto de saúde próximo a sua residência.

Com esta política, pretende-se distribuir melhor o serviço de saúde pública, não sobrecarregando alguns postos específicos de modo a não prejudicar o atendimento dos pacientes.

Uma discussão sobre esta política adotada pelo posto é apresentada na seção 4.3 - Análise dos Resultados - deste trabalho.

### **3.3.2 Fluxo de Paciente Fora do Horário de Matrícula**

Existe um horário pré-definido para a realização da matrícula (cadastro) no

posto de saúde. Todo o paciente que necessita de um atendimento no posto precisa ser cadastrado, e uma ficha com os dados do paciente fica arquivada no posto. Para que se racionalize o atendimento, facilitando o trabalho de seus funcionários, a direção do posto estabelece dias e horários específicos para a realização dessa matrícula.

Se o paciente chega ao posto fora do horário, ou então se ele não apresenta os documentos necessários, ele recebe uma orientação no agendamento para retornar no dia e horário previsto.

Na seção 4.3 é apresentada uma discussão em torno desse procedimento adotado pelo posto de saúde.

### **3.3.3 Fluxo de Paciente que Chega para Matrícula**

O horário para a matrícula é conforme a TABELA 3.1 a seguir:

*Tabela 3.1 – Dias e horários da matrícula*

<b>Dia da Semana</b>	<b>Horário</b>
Segunda-feira	9:00h às 9:30h
Terça-feira	10:30h às 11:00h
Quarta-feira	10:30h às 11:00h
Quinta-feira	Não há matrícula
Sexta-feira	9:00h às 9:30h

O paciente, ao entrar no posto, é imediatamente atendido no agendamento (recepção), que verifica se os documentos apresentados pelo paciente estão em ordem. No agendamento o paciente recebe o *Cartão de Retorno*, que é um cartão que permanece com o paciente para anotação de eventuais retornos ao posto. Em seguida, após uma espera (se houver outro paciente a sua frente) ele é atendido pelo serviço social.

No serviço social, as assistentes sociais explicam o funcionamento do posto, preenchem o *Prontuário* (fichas com os dados do paciente) e solicitam a realização de exames naquele paciente. É importante observar que tratam-se de exames rotineiros mas imprescindíveis para caracterização do paciente. Todos os pacientes ao serem atendidos devem realizar esses exames, independentemente de quaisquer outros fatores. De acordo com o tipo de paciente (criança, adulto, gestante, idoso, etc.), determinados exames são ou não solicitados. Pode-se citar, apenas a título de exemplo, os exames solicitados a um idoso quando este é atendido: colesterol, creatinina, glicemia, uréia, sífilis, fezes, entre outros.

Após a solicitação dos exames o paciente retorna ao agendamento, desta vez para marcar uma consulta numa data apropriada.

Eventualmente, pode demorar muito tempo entre a data do agendamento e a data de realização da consulta. Neste caso, uma semana antes da consulta, o paciente deve comparecer ao posto para a realização dos exames. O posto busca, com isso, garantir que os exames são recentes. Todos esses exames de rotina são realizados no próprio posto de saúde.

Uma vez realizados os exames, o paciente só retorna ao posto na data da consulta. Os exames serão diretamente encaminhados para o *prontuário* do

paciente no agendamento, assim que estiverem prontos. No dia da consulta esse *prontuário* será entregue ao médico, para que ele avalie os resultados dos exames.

### **3.3.4 Fluxo de Paciente que Chega para Consulta**

Nesta seção será descrito todos os passos pelos quais um paciente deve passar numa consulta previamente agendada.

Antes de descrever o fluxo dos pacientes, entretanto, é importante notar que as consultas sempre são agendadas, para todos os pacientes, em apenas dois horários distintos: às 8h ou às 13h. Desse modo, todos os pacientes chegam ao posto de saúde praticamente juntos, apenas com diferenças de pequenos atrasos. A ordem de atendimento é determinada em função da ordem de chegada dos pacientes ao posto.

Uma vez no posto de saúde, o paciente dirige-se até o agendamento, responsável pela orientação inicial do paciente. No agendamento o paciente apresenta o *cartão de retorno*, com a data e horário da consulta, bem como nome e outros dados do paciente.

O funcionário do agendamento é responsável pelo preenchimento do *papel de fluxo* referente àquele paciente. O *papel de fluxo* é um documento que circulará pelo posto de saúde junto com o paciente, evidenciando por quais atendimentos o paciente já passou, e por quais ainda deve ser atendido.

O paciente é então encaminhado para a pré-consulta. Se não houver fila, ele é imediatamente atendido; caso contrário, espera pela sua vez. A sala de

espera fica no *hall* de entrada do prédio, mas existem também cadeiras distribuídas pelos corredores, próximos aos locais de atendimento.

Na pré-consulta o atendimento é realizado por uma auxiliar de enfermagem que executa uma verificação dos exames solicitados na matrícula. Se um ou outro exame não consta do *prontuário* do paciente, ele é imediatamente notificado desta falta e o exame é requerido. A consulta, no entanto, prossegue normalmente, para evitar que o paciente tenha de esperar por outro agendamento. Na pré-consulta realiza-se a medição de altura, peso e temperatura do corpo do paciente. Numa breve entrevista o auxiliar de enfermagem registra as queixas (sintomas) apresentadas pelo paciente, que serão posteriormente notificadas ao médico. Ainda na pré-consulta, tem início o preenchimento da *ficha de identidade* do paciente. Essa ficha contém todos os dados do paciente, seus sintomas, diagnósticos, enfim, tudo aquilo que o paciente apresentou, exames realizados e medicamentos especificados. Essa ficha fica arquivada junto com o *prontuário* do paciente. Numa consulta futura, essa ficha será averiguada, de modo a facilitar essa nova consulta.

Terminado o atendimento na pré-consulta, o paciente é encaminhado para o atendimento médico propriamente dito. Se for o caso o paciente fica numa fila de espera para a consulta médica, até que chegue sua vez de ser atendido. As fichas e documentos do paciente (*papel de fluxo*, *ficha de identidade*, etc.), são encaminhados para o médico. A ordem de chegada destes documentos indica ao médico qual é o próximo paciente a ser atendido. Um por um os pacientes entram na sala do médico, para a realização da consulta. Na consulta, o médico avalia os exames realizados pelo paciente, identifica os sintomas, etc. Através dos

resultados dos exames e da análise dos sintomas do paciente, o médico pode requerer mais exames, receitar eventuais medicamentos, ou ainda solicitar uma nova consulta para aquele paciente.

Finda a consulta com o médico, o paciente segue então para a pós-consulta. A pós-consulta é realizada por uma enfermeira, ou auxiliar de enfermagem, dependendo do caso que está sendo atendido (normalmente a pediatria é atendida por enfermeiras, enquanto que os adultos são examinados por auxiliares de enfermagem). Não se trata, no entanto, de uma regra rígida: por vezes, estando um ou outro funcionário livre para realizar o atendimento, este é quem vai executá-lo.

Na pós-consulta, o paciente recebe orientações. De acordo com o que o médico estabeleceu, o paciente é encaminhado para a farmácia do posto de saúde, ou laboratórios para a realização de novos exames, ou então para o agendamento, para marcar um retorno ao médico. Por vezes são necessários exames laboratoriais fora do posto de saúde. Isso porque o posto não possui uma infra-estrutura (equipamentos, materiais e pessoal especializado) para a realização de todos os tipos de exames. É na pós-consulta que o paciente será informado onde se pode realizar esses exames (Hospital das Clínicas da USP, laboratórios especializados, etc.), e qual será o procedimento para sua realização. Ainda na pós-consulta, as orientações médicas são reforçadas, para garantir que essas orientações sejam seguidas pelo paciente.

### **3.3.5 Fluxo de Paciente com Urgência**

É comum no posto de saúde a entrada de pacientes em estado de urgência médica. Entenda-se por estado de urgência médica, por exemplo, um paciente que tenha sofrido um acidente (um corte, por exemplo), ou esteja sofrendo de uma doença infecciosa (sarampo, por exemplo). Observa-se que pacientes que necessitam de atendimento médico urgente com risco de vida (um paciente que tenha sofrido um ataque cardíaco, por exemplo), são encaminhados para o Pronto Socorro de hospitais próximos (no caso do Hospital das Clínicas da USP). Casos de urgência num posto de saúde são aqueles casos que requerem uma atenção médica imediata, porém não se tratam de casos de vida ou morte.

De qualquer maneira, se um paciente em urgência médica entra no posto, ele é imediatamente atendido. Se o caso requerer assistência médica, ele é prontamente encaminhado ao médico que estiver livre, passando na frente de todos aqueles pacientes que estiverem na fila de espera pelo atendimento médico de rotina.

Se, por outro lado, o paciente em urgência necessitar apenas de curativos ou quaisquer outros cuidados menores que não necessitem imprescindivelmente de um médico, esse paciente é encaminhado para a Sala de Curativos do Posto, onde se dá o atendimento com uma enfermeira.

### 3.4 Outras Considerações

Como já foi citado anteriormente, o posto de saúde conta com vários tipos de atendimentos (saúde da criança, mulher e adulto).

Cada um desses tipos de atendimento constitui-se num fluxo de paciente semelhante em estrutura mas distintos em conteúdo. Existem salas específicas para o atendimento médico de adultos, crianças e mulheres, dado que cada tipo de paciente requer um profissional adequado (médico ginecologista, pediatra ou clínico geral), e equipamentos diferentes.

Assim, o posto conta com salas de atendimento médico para cada tipo de paciente, bem como salas de pré e pós-consulta para cada um dos tipos de paciente. Se for o caso, as filas são específicas para cada sala de atendimento, e não uma fila única para todas as salas. Entretanto, fisicamente, os pacientes esperam todos no *hall* de entrada do prédio, ou então ficam sentados em cadeiras disponíveis nos corredores.

De acordo com o tipo de atendimento que é realizado, orientações específicas são passadas ao paciente. Se, por exemplo, uma criança está sendo atendida, na pós-consulta (se essa criança tiver idade superior a três anos de idade), ela é encaminhada ao tratamento odontológico do posto. Se o paciente for uma mulher (gestante ou não), ou uma pessoa idosa, outras orientações específicas serão transmitidas.

Com relação à matrícula no posto de saúde, o paciente deve apresentar todos os documentos necessários para a matrícula de todas aquelas pessoas que

vivem na mesma casa. Assim, a matrícula de um novo paciente é realizada de forma familiar, ou seja, se uma pessoa deseja se matricular no posto, todos os seus parentes (ou pessoas que dividem a mesma casa) devem também ser matriculadas. Isso ocorre porque se trata de um posto de saúde pública, que tem como objetivo garantir a saúde da população como um todo. Todos os dados daquela família serão armazenados num *prontuário* (familiar), que nada mais é que uma pasta contendo as fichas com dados de cada um dos componentes daquela família. Será agendada uma consulta para cada um dos matriculados, com solicitação de exames e todos os procedimentos já descritos anteriormente.

Os médicos do posto trabalham em regime de 20h semanais. O horário contratual de trabalho destes é das 8h às 12h, e das 13h às 16h. Entretanto, os médicos seguem um regime mais flexível para completar sua carga horária. O pessoal do setor administrativo do posto tem um registro do horário de cada um dos médicos e é responsável pela organização desses horários. As consultas são agendadas em função dos horários em que os médicos se encontram no posto.

## **4. Modelagem e Simulação do Posto de Saúde**


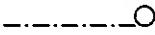




### **4.1 Ferramentas de Modelagem**

Uma vez coletados os dados relevantes ao funcionamento do posto, foram elaborados os PFS (*Production Flow Schema*) relativos ao sistema, conforme introduzido no *capítulo 2*.

Cada atividade no modelo PFS, foi então modelada com outras sub-atividades, até se atingir o nível de detalhes exigido para a modelagem do fluxo de pacientes do posto.

Uma vez detalhadas cada uma das atividades, estas são avaliadas com relação ao seu funcionamento, e posteriormente simuladas com o auxílio de um software. Mais adiante existe uma seção específica para descrever como esse software funciona, suas características, vantagens e desvantagens.

Para deixar clara a notação utilizada para a modelagem em Redes de Petri do Posto, segue abaixo uma descrição de cada elemento presente nos grafos (*Figura 4.1*).

 <b>Evento</b>	 <b>Arco Inibidor</b>
 <b>Lugar (ou condição) com capacidade infinita</b>	 <b>Lugar (ou condição) com capacidade unitária</b>
 <b>Atividade</b>	 <b>Arco orientado</b>

*Figura 4.1 – Explicitação da notação utilizada no PFS e nas Redes de Petri*

## O Pesim

O Pesim foi o software utilizado para realizar a simulação dos vários subsistemas (ou módulos) que compõem o sistema como um todo. Trata-se de um software específico para a simulação das Redes de Petri, com o qual também é possível editar as Redes. A seguir é detalhado o funcionamento do programa, bem como suas principais vantagens e desvantagens.

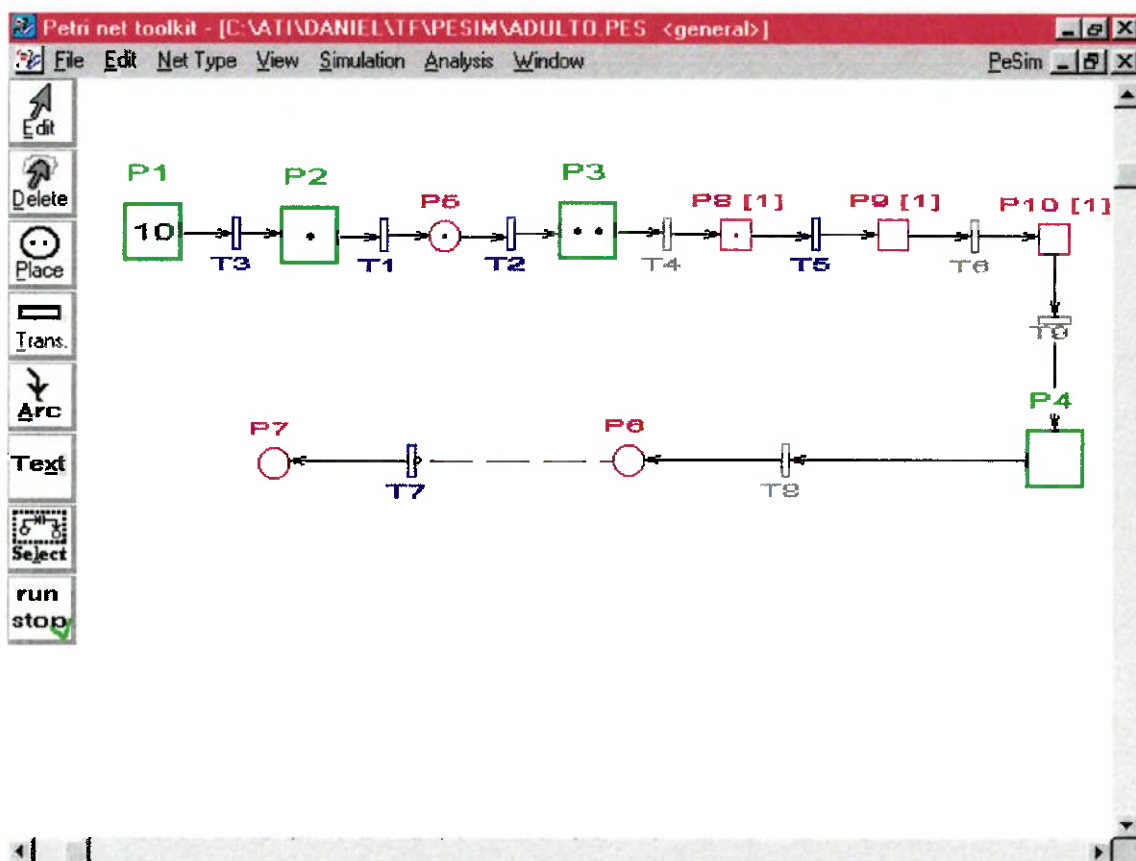


Figura 4.2 – Tela do Pesim, com um exemplo de Rede de Petri

O Pesim foi obtido através da Internet, no site <ftp.fee.vutbr.cz> (147.229.9.11), no diretório /pub/local/pesim. O programa foi desenvolvido pela Universidade de Brno, Departamento de Ciência da Computação e Engenharia, na República Checa. Trata-se de um freeware, disponível para uso livre.

O Pesim opera em ambiente Windows 3.11 ou em alguma versão mais recente deste.

A principal vantagem do Pesim é que ele permite, de modo relativamente simples, simular e verificar as redes de Petri previamente projetadas. Eventuais erros são facilmente detectados, e é possível verificar visualmente a distribuição das marcas pelo sistema. Cada lugar indica quantas marcas estão alocadas, bem

como sua capacidade total. Esse tipo de visualização é fundamental para a simulação. A *Figura 4.2* ilustra uma tela do Pesim.

Algumas desvantagens podem também ser levantadas com relação ao software.

A interface com o usuário, apesar de simples, exige certa experiência. Não é possível editar os parâmetros de um objeto isoladamente. Isto é, caso deseja-se alterar a capacidade de um lugar, é necessário que se realize isto *antes* de conectá-lo a um arco, caso contrário será necessário redesenhá-lo. O mesmo ocorre para as transições. A simulação é realizada manualmente, pois não existe um modo automático para o disparo das transições. Devemos selecionar uma transição de cada vez, o que representa um problema para a simulação de redes de grande porte.

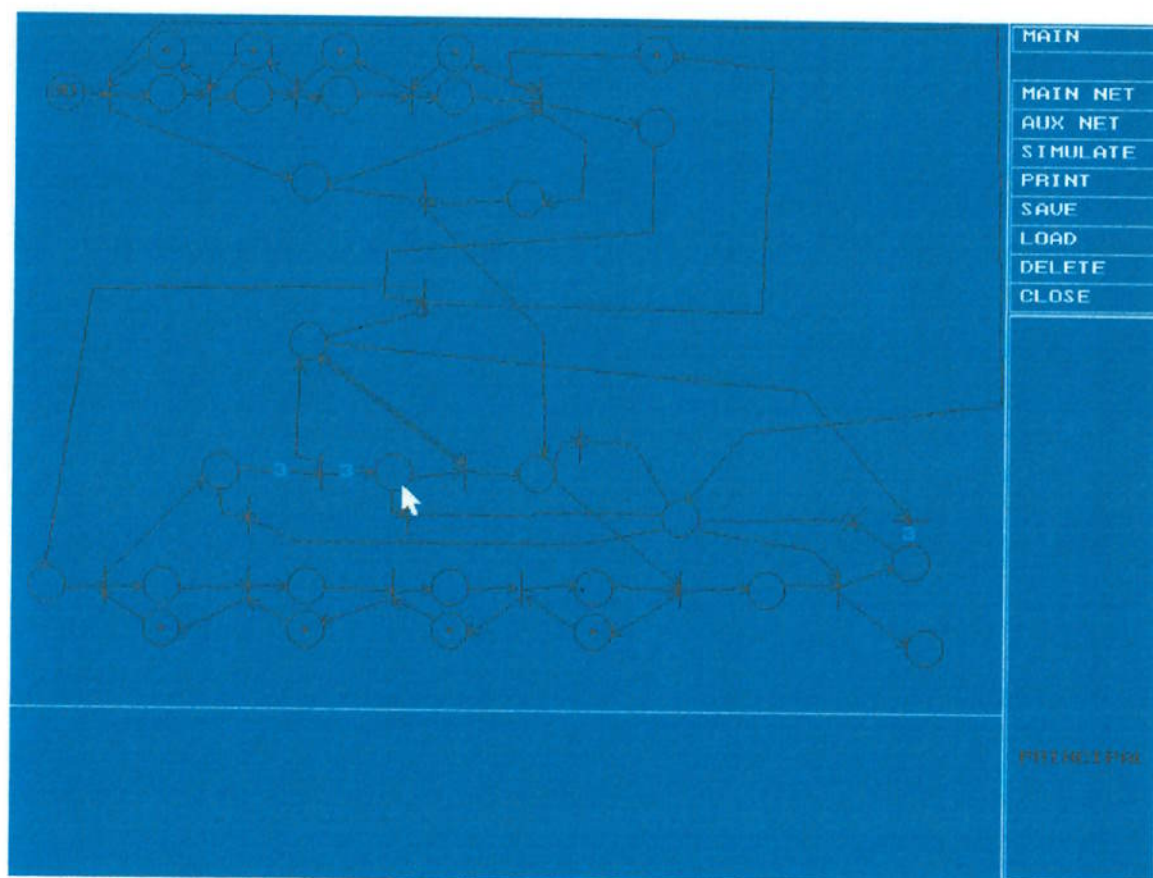
### **O Petri Simulator-98**

Além do software Pesim, também foi utilizado para simular e testar o funcionamento das redes desenvolvidas o software Petri Simulator-98, um software desenvolvido pelo grupo de Mecatrônica da Escola Politécnica da USP.

O Petri Simulator-98 permite a elaboração e edição de redes de Petri de maneira relativamente simples e rápida. É possível criar lugares, eventos, marcas ou arcos com comandos simples. Arcos inibidores ou com diferentes pesos também são possíveis de serem criados.

Além da edição das redes, o Petri Simulator-98 também permite ao usuário as simulações nos modos manual e automático.

A simulação no modo automático, no qual o software dispara as transições numa ordem definida previamente pelo usuário, é bastante útil no que diz respeito a análise, pois com ela não é possível “induzir” o comportamento do modelo - os eventos ocorrem segundo a política previamente especificada. A *figura 4.3* ilustra uma tela do Petri Simulator-98.



*Figura 4.3 - Tela do Petri Simulator-98*

O menu na parte superior à direita da tela é constituído por comandos que permitem ao usuário a realização das tarefas da edição do grafo dentro do software. A tela maior é a tela onde são desenhadas as redes de Petri (na *figura 4.3* está exemplificado um modelo que foi desenvolvido).

## 4.2 Modelos em PFS e Redes de Petri

Nesta seção serão ilustradas as Redes de Petri relativas ao fluxo de pacientes do Posto de Saúde, objeto deste trabalho.

A *Figura 4.4* ilustra um PFS com uma macro-representação do fluxo de pacientes no Posto. As atividades I, II, III, IV, V, VI e VII descrevem os diferentes procedimentos do Posto de acordo com o tipo de tarefa a ser executada.

A *Figura 4.5* ilustra o detalhamento em redes de Petri da atividade “Fila de Entrada”, cuja capacidade total é de 15 pacientes. Esta atividade é a primeira etapa de qualquer procedimento que os pacientes venham a seguir dentro do Posto de Saúde, exceto quando estes precisarem de um tratamento de urgência. Neste caso eles seguirão para a atividade “Urgência Médica”, cujo detalhamento em Redes de Petri está ilustrado na *Figura 4.9*

Já as *Figuras 4.6, 4.7 e 4.14* ilustram as Redes de Petri das atividades “Paciente de posto diferente”, “Paciente fora do horário” e “Agendamento de retorno ao posto”, respectivamente. Ao final destes três procedimentos os pacientes estão liberados do Posto de Saúde, retornando então para a Comunidade.

O detalhamento em Redes de Petri da atividade “Paciente agenda consulta” e de sua sub-atividade “Fila do Serviço Social” estão ilustrados nas *Figuras 4.8 e 4.16*, respectivamente. Já a Rede de Petri da atividade número VII, “Paciente agenda consulta”, está ilustrada na *Figura 4.15*. Ao término desta atividade o paciente já estará pronto para entrar em consulta, pois realizou o seu

agendamento. Seguirá então para a atividade “Consulta (com agendamento prévio)” , ilustrada na *Figura 4.10*, cujas sub-atividades “Pediatria”, “Saúde do Adulto” e “Saúde da Mulher”, que representam o tipo de atendimento que o paciente irá se submeter e para qual espaço físico do posto ele irá seguir, têm suas Redes de Petri ilustradas nas *Figuras 4.11, 4.12 e 4.13*, respectivamente.

### 4.3 Análise dos Resultados

As diversas redes que modelam o posto de saúde apresentam de maneira detalhada todos os caminhos pelos quais um paciente pode passar tanto num atendimento de rotina do posto, bem como num atendimento eventual, como uma urgência por exemplo.

Dessa maneira, é possível afirmar que o modelo desenvolvido abrange as principais etapas por onde um paciente possa a vir passar dentro de um atendimento no posto. Em princípio os principais caminhos e opções possíveis foram modelados, exceto por umas poucas simplificações (como foi o caso da saúde do idoso, por exemplo - vide anexo), para maior facilidade de modelagem e compreensão.

A simulação dos grafos no Pesim permitiu verificar que todos os grafos funcionavam de acordo com as restrições do sistema, obedecendo ao comportamento para o qual cada uma das redes foi elaborada. O Pesim comprovou ser uma ferramenta bastante útil para a verificação do modelo. Assim,

eventuais ausências de lugares ou transições, ou ainda erros estruturais dentro das redes elaboradas eram facilmente identificados com o auxílio do Pesim.

No entanto, o Pesim permite apenas a simulação passo a passo (modo manual) do modelo. Para que um evento ocorra, é necessário que o usuário acione diretamente aquele evento. Apesar de tal fato constituir de uma simulação, trata-se de uma simulação bastante limitada pelo casuísmo que pode ser atribuído ao usuário que está controlando essa simulação. Devido à esta limitação da simulação com o Pesim, é relativamente trabalhoso analisar o modelo sob condições como um número mais realista de pacientes, por exemplo.

Para resolver esse tipo de problema, foi utilizado o Petri Simulator 98, um simulador de redes de Petri que permite a simulação no modo automático, sem interferência do usuário durante o processo de simulação.

Todos os grafos que possuíam algum tipo de indeterminismo no fluxo de marcas do modelo desenvolvido foram testados e visualizados com o Petri Simulator 98. A ferramenta permitiu a identificação e correção de falhas no modelo, bem como uma análise visual de como é o funcionamento do sistema de acordo com algumas regras pré-estabelecidas para o disparo das transições.

Com o Petri Simulator 98, as redes que possuem algum tipo de indeterminismo foram simuladas sob condições normais, isto é, com poucos pacientes, de acordo com a realidade do posto, e sob condições extremas, ou seja, com um número excessivo de pacientes, o que é, de fato, muito difícil de ocorrer num posto do porte do posto modelado. Para ambos os casos o comportamento do sistema foi satisfatório. Os pacientes são atendidos obedecendo à ordem de chegada (exceto pelo caso da urgência médica, cujo

paciente deve ser atendido antes dos demais), e o comportamento do modelo está de acordo com a dinâmica do sistema real. No modelo de filas, o limite de pacientes atendidos obedece ao limite estipulado (na simulação, até 15 pacientes externos ao posto eram permitidos entrar na fila), e o retorno de pacientes à fila também segue as restrições impostas pelo sistema.

Por outro lado, a análise que foi possível de ser realizada foi qualitativa, dado que o software utilizado na simulação, o Petri Simulator 98, não apresenta monitoramento e/ou registro de variáveis que podem ser avaliadas após a simulação. Além disso, o software também não permite a inserção do fator tempo dentro do modelo. Em outras palavras, a simulação com o Petri Simulator 98 permite a análise da estrutura e da lógica do sistema.

Sem ser capaz de monitorar variáveis e tempo, a análise de desempenho do modelo, como por exemplo, quanto tempo determinado funcionário estava ocupado atendendo a pré, a pós consulta, ou ainda quanto tempo esse mesmo funcionário estava ocioso, não é possível de ser realizada.

É possível observar que existem alguns pontos dentro do modelo que não foram totalmente explorados.

Com relação ao desenvolvimento do modelo, por exemplo, é necessário que a parte de recursos do posto fosse mais detalhadamente trabalhada. Não foi levado em consideração, por exemplo, a disponibilidade de salas, médicos, equipamentos ou funcionários. Considerou-se que esses recursos sempre estariam disponíveis durante o funcionamento do posto. Um modelo que especificasse o funcionamento do posto dia por dia da semana também poderia

ser desenvolvido. No entanto, esse modelo vai exigir uma coleta de dados mais apurada e em maior grau de detalhamento.

Por fim, em se tratando da simulação do modelo, faz-se necessário o monitoramento de algumas variáveis para que uma análise quantitativa se faça possível. Para tanto, um software que apresente algum tipo de monitoramento e/ou registro de variáveis se faz necessário.

Com relação aos procedimentos adotados pelo posto de saúde, é interessante destacar algumas ressalvas. A seguir, segue uma discussão em torno dos principais procedimentos no posto de saúde.

Quando um paciente de outra região (que não a área de abrangência do Posto) chega para a matrícula, este é encaminhado para o posto mais próximo da sua residência. Este procedimento é bastante conveniente, devido à carência de funcionários notada no posto, e caso o posto fosse atender pacientes de outras regiões, esse problema tenderia a se agravar. É importante notar, no entanto, que pacientes que necessitem de um atendimento com urgência devem ser atendidos, não importando a região de onde provêm.

A matrícula, como é descrito no capítulo 3 deste trabalho, tem seus dias e horários pré-estabelecidos. Essa prática também mostra-se necessária no posto, embora possa ser inconveniente para os pacientes, pois a matrícula no posto envolve mais de uma área do posto de saúde. Como exemplo, pode-se citar o agendamento, responsável pelo agendamento de um dia e horário para a consulta, o serviço social, que confere os documentos, entrevista o paciente e solicita os exames, e os laboratórios, que realizam esses exames. Devido a essa complexidade existente no processo de matrícula (não sendo apenas um simples

agendamento de horário), o estabelecimento de horários pré-definidos se faz necessário.

Um outro ponto que merece destaque é o horário de chegada dos pacientes ao posto para a consulta. Esses pacientes devem estar no posto, no dia da consulta, às 8h ou às 13h, dependendo se a consulta for no período da manhã ou da tarde, respectivamente. Esse procedimento causa, da parte do paciente uma grande insatisfação com o serviço prestado, pois é necessário uma espera longa até a consulta. Por outro lado, por parte do posto de saúde, causa-se uma confusão no hall de entrada, com muitas pessoas esperando e de certa forma atrapalhando o tráfego de funcionários e pacientes em consulta. Isso mostra que o procedimento adotado não é o ideal. Para se otimizar o procedimento, melhorando o atendimento para os pacientes e diminuindo a confusão dentro do posto de saúde, seria ideal que os pacientes chegassem em horários espalhados durante o dia, e não apenas em dois horários distintos. Com base no histórico dos atendimentos do posto, horários devem ser reservados para atendimentos de urgência, além de também ser possível estimar quantos pacientes faltam, em média, num dia. Os horários de chegada de pacientes no posto devem ser devidamente distribuídos durante todo o dia, e definidos de acordo com o tempo médio de duração de uma consulta.



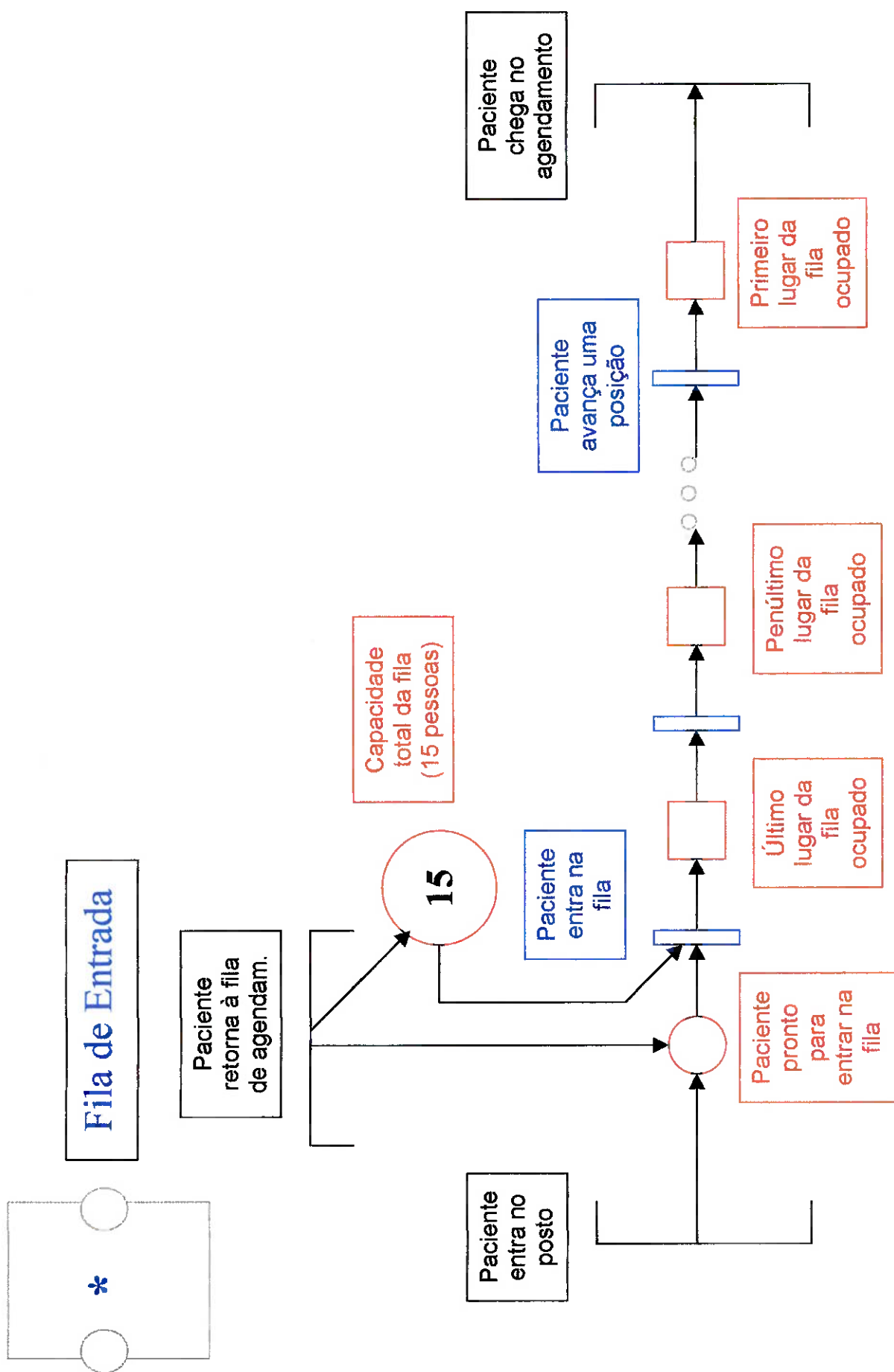


Figura 4.5 – Modelo da fila de entrada no posto de saúde

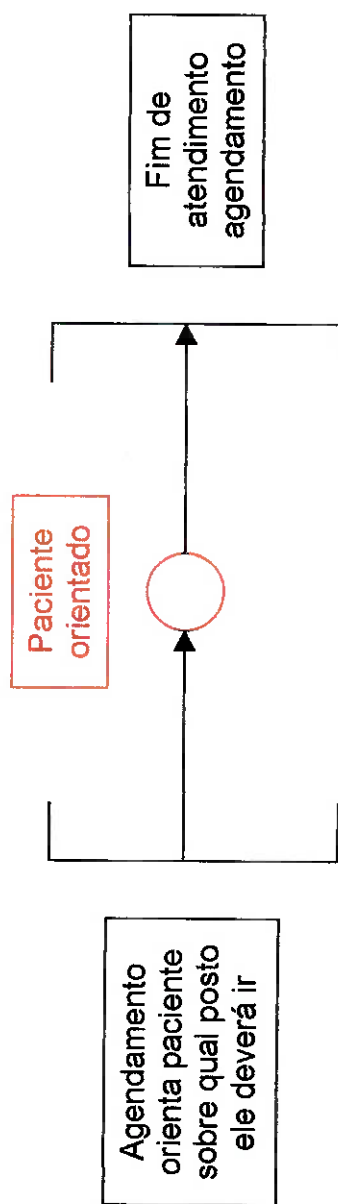
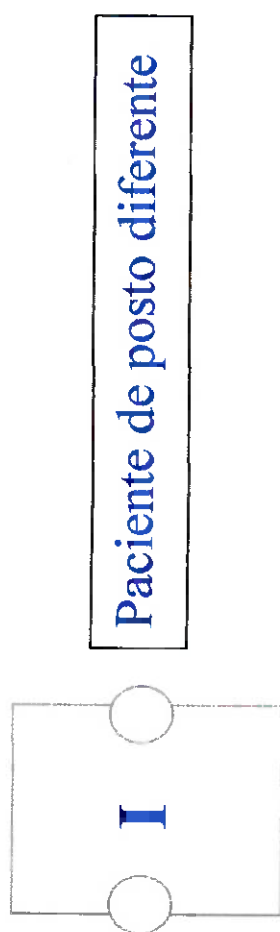
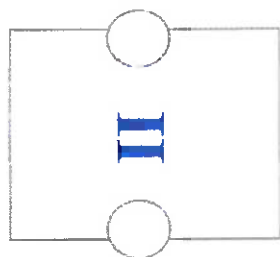


Figura 4.6 – Modelo do atendimento ao paciente que chega de uma região fora da área de abrangência do posto



Paciente fora do horário

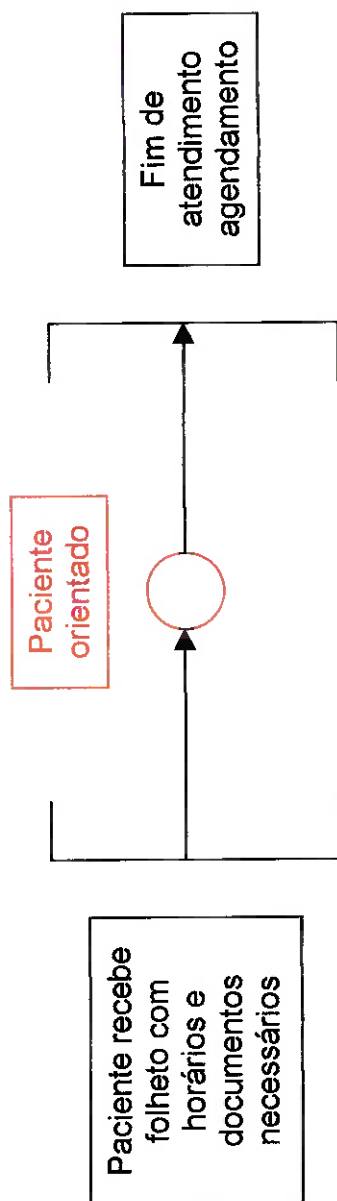
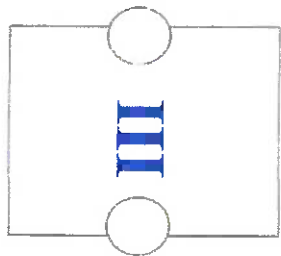


Figura 4.7 – Modelo do processo por que passa um paciente que chega fora do horário no posto



### Paciente agenda consulta

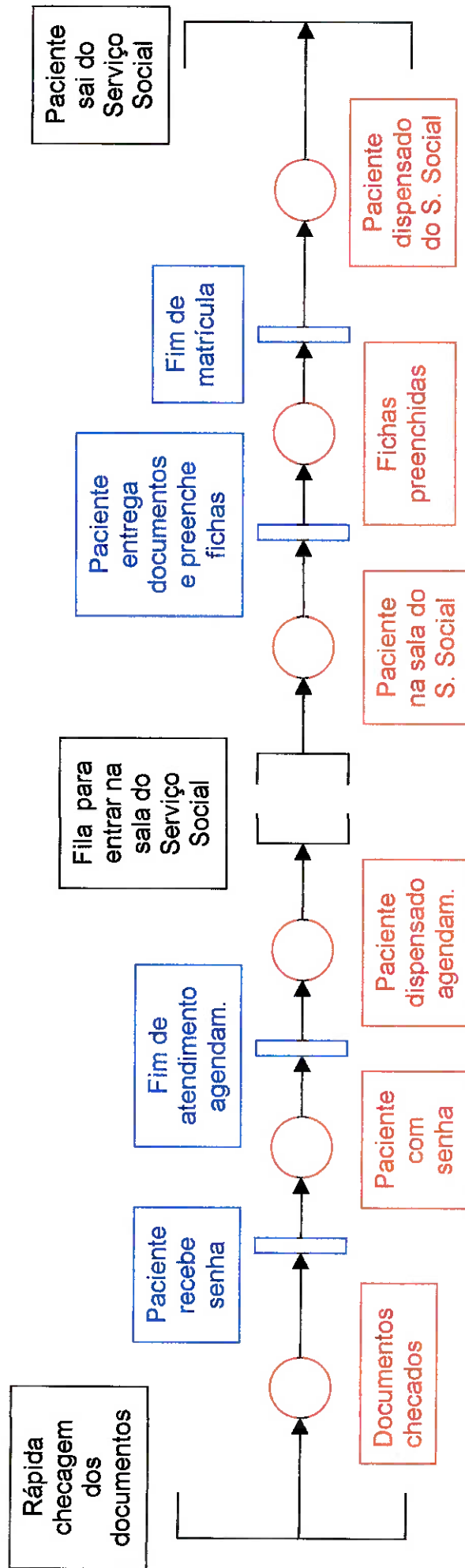
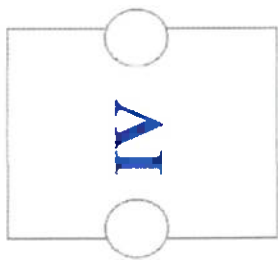


Figura 4.8 – Modelo do processo de agendamento de consulta



Urgência médica

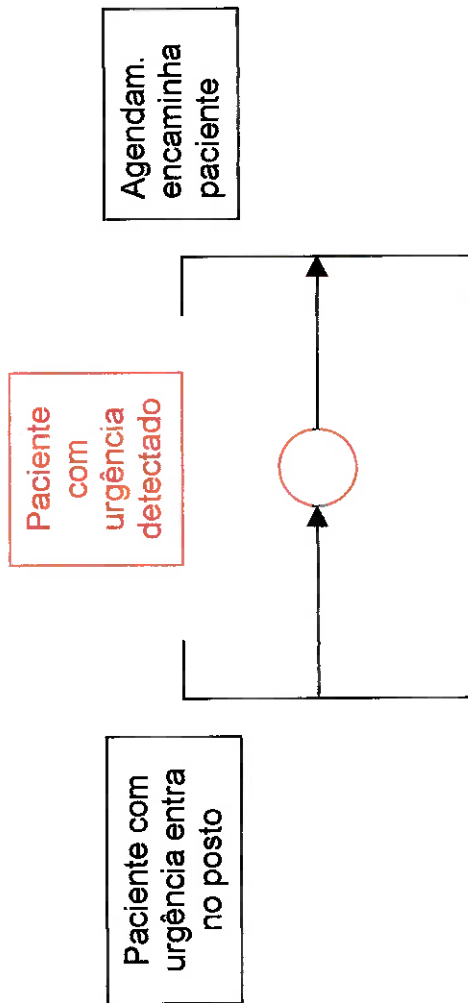
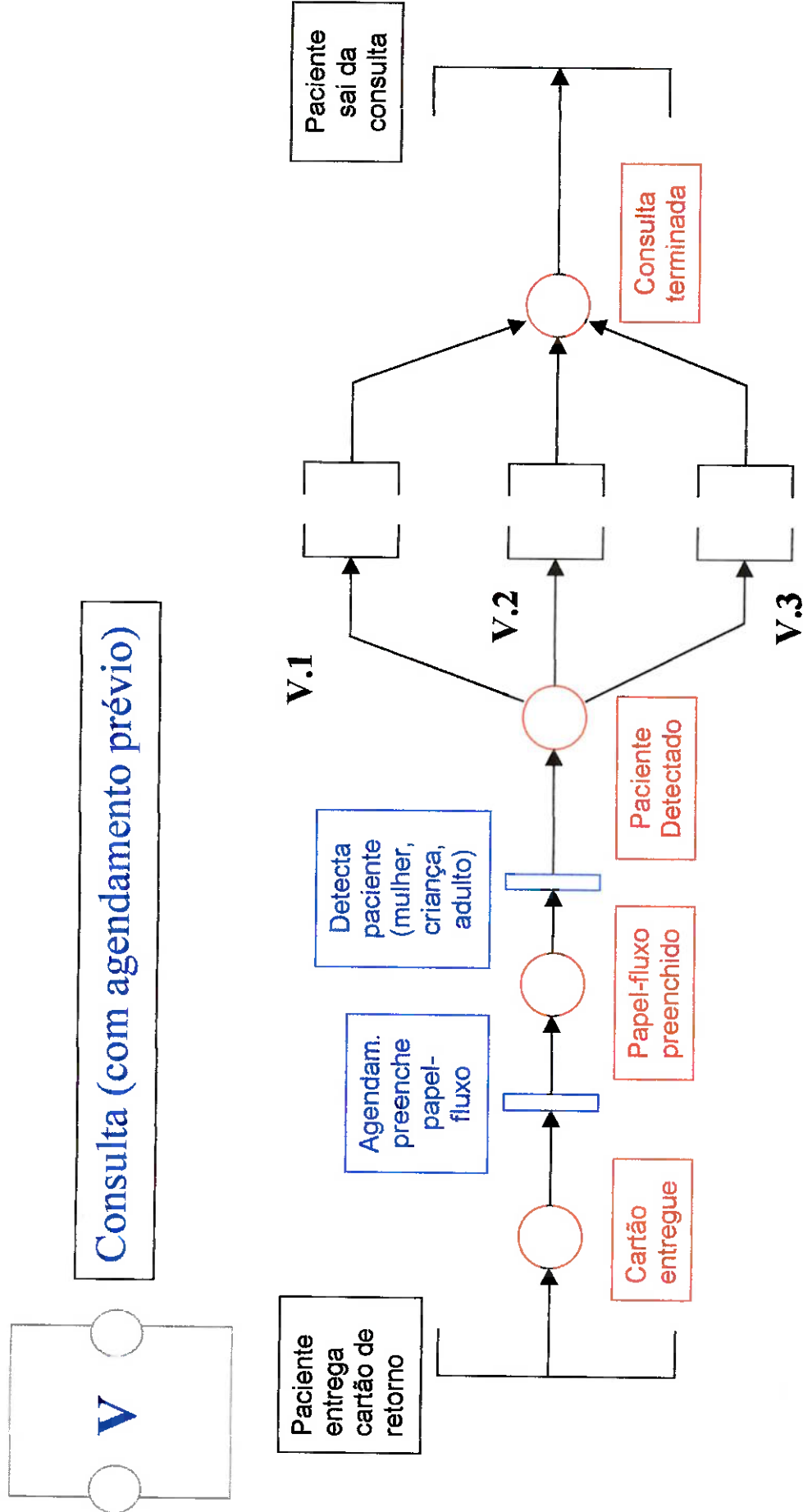


Figura 4.9 – Modelo do processo de atendimento de urgência no posto



V.1 – Pediatria  
V.2 – Saúde do Adulto  
V.3 – Saúde da Mulher

Figura 4.10 – Modelo do processo de uma consulta genérica no posto

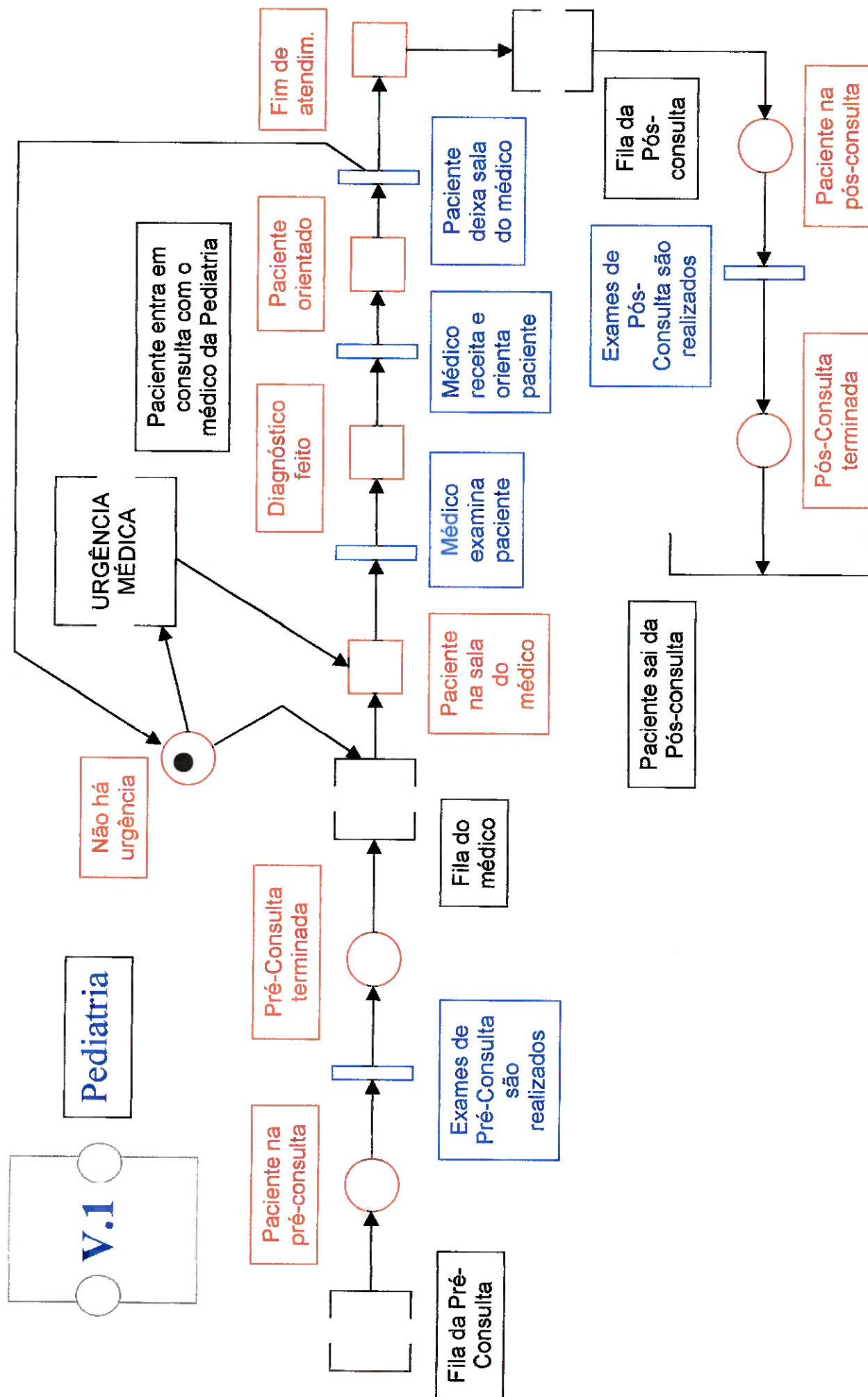


Figura 4.11 – Modelo do atendimento na saúde da criança no posto

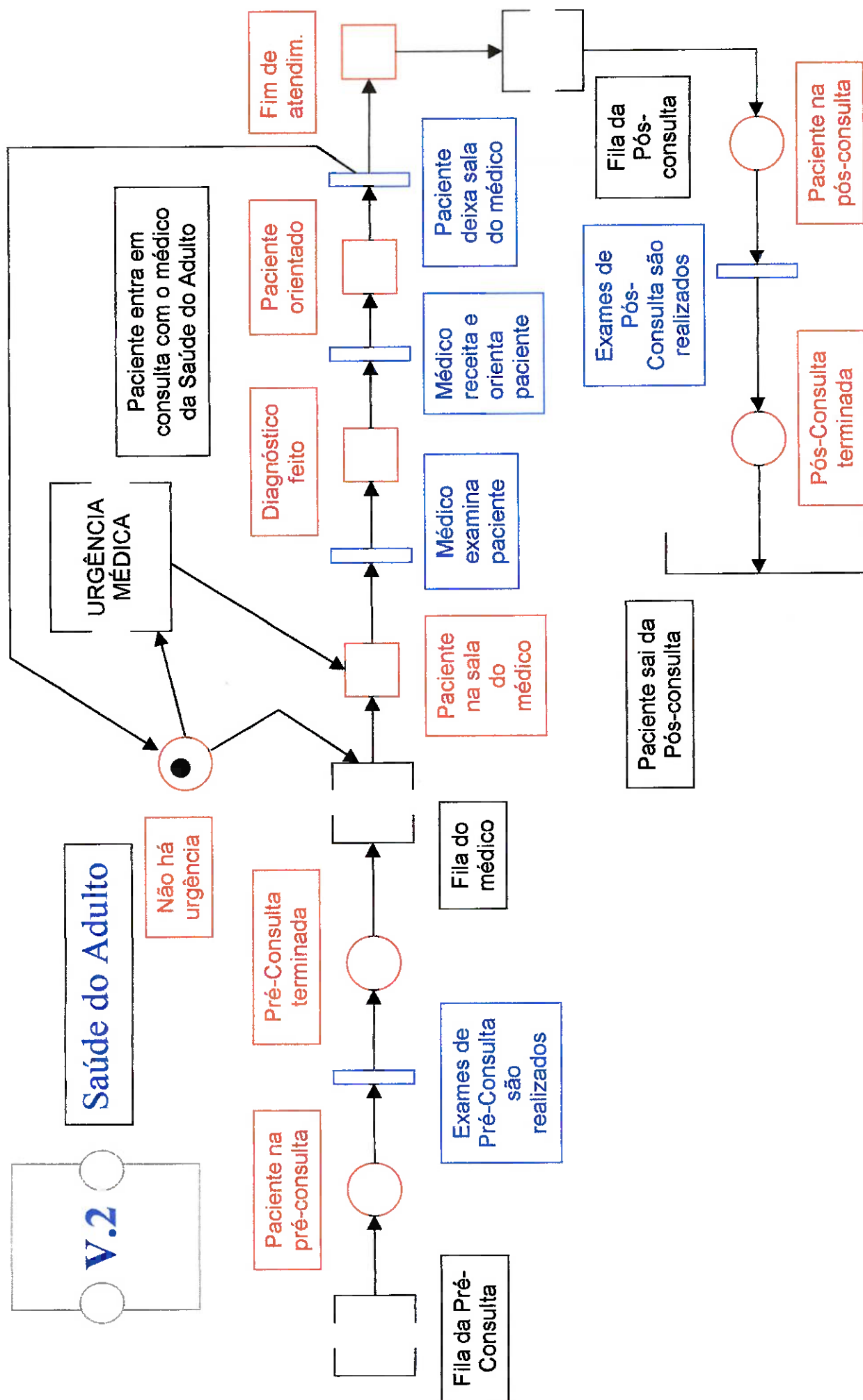


Figura 4.12 – Modelo do atendimento na saúde do adulto no posto

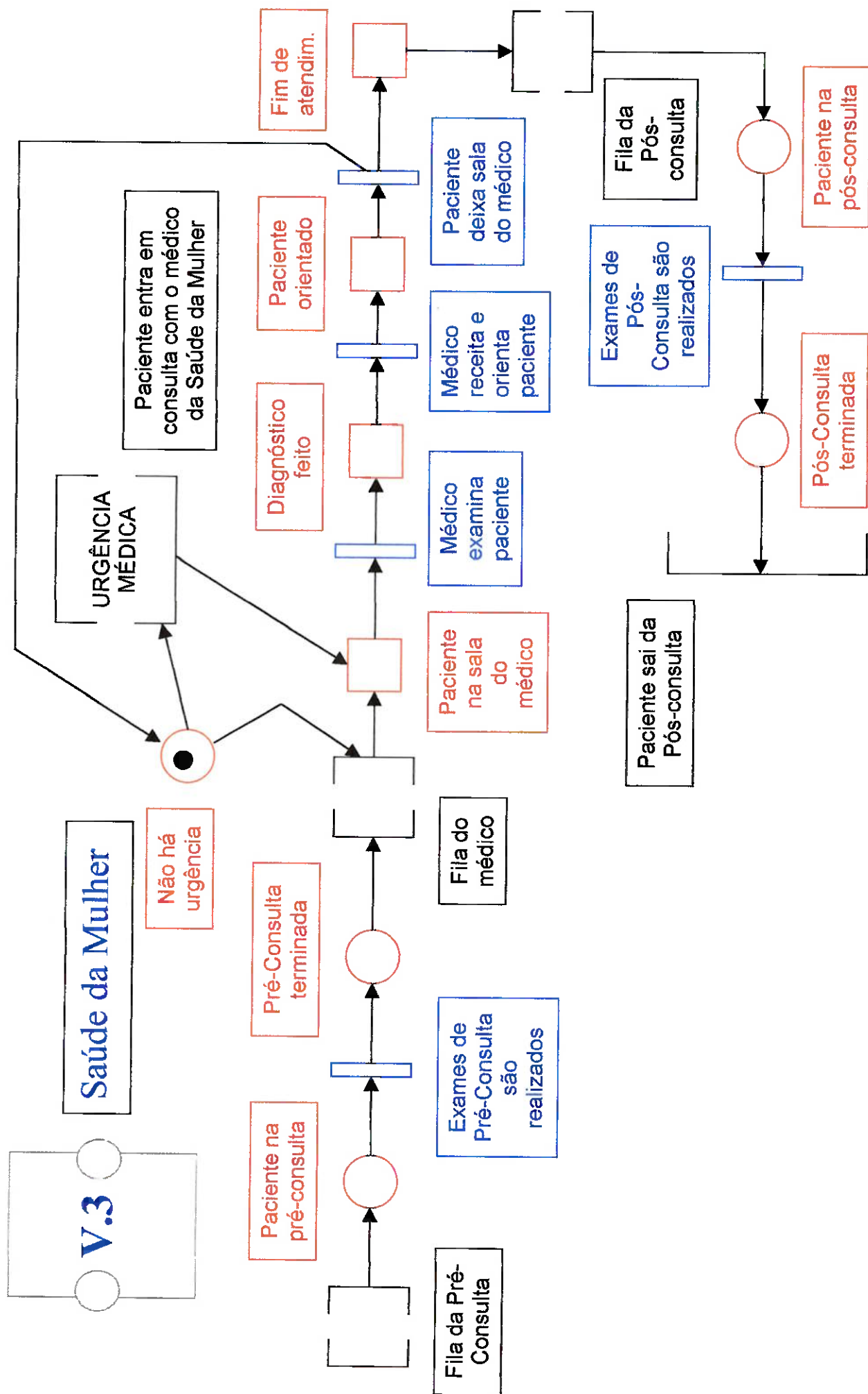
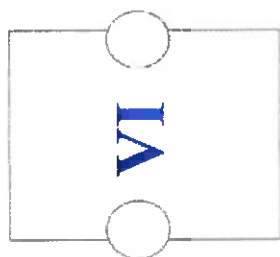


Figura 4.13 – Modelo do atendimento na saúde da mulher no posto



## Agendamento de retorno ao posto

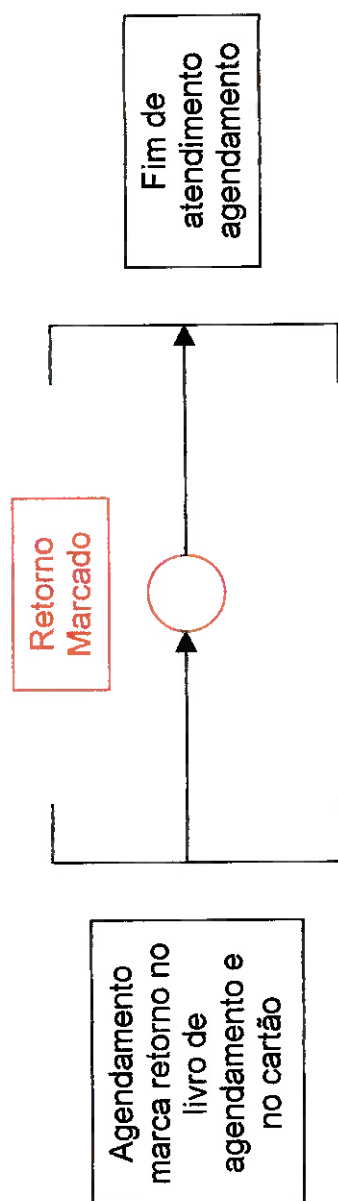
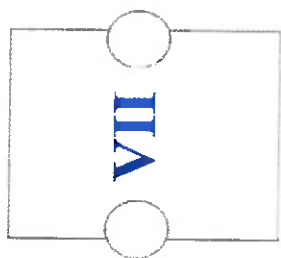


Figura 4.14 – Modelo do processo de agendamento de retorno ao posto



Paciente sem consulta agendada

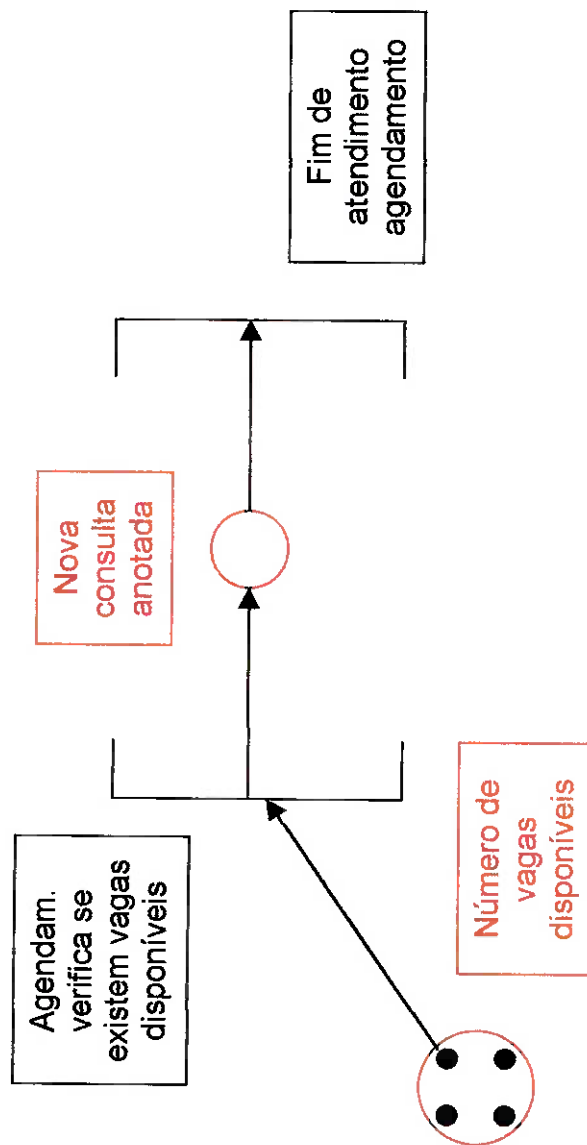
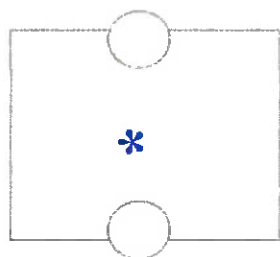


Figura 4.15 – Modelo do processo de chegada de pacientes sem consulta agendada



Fila do Serviço Social

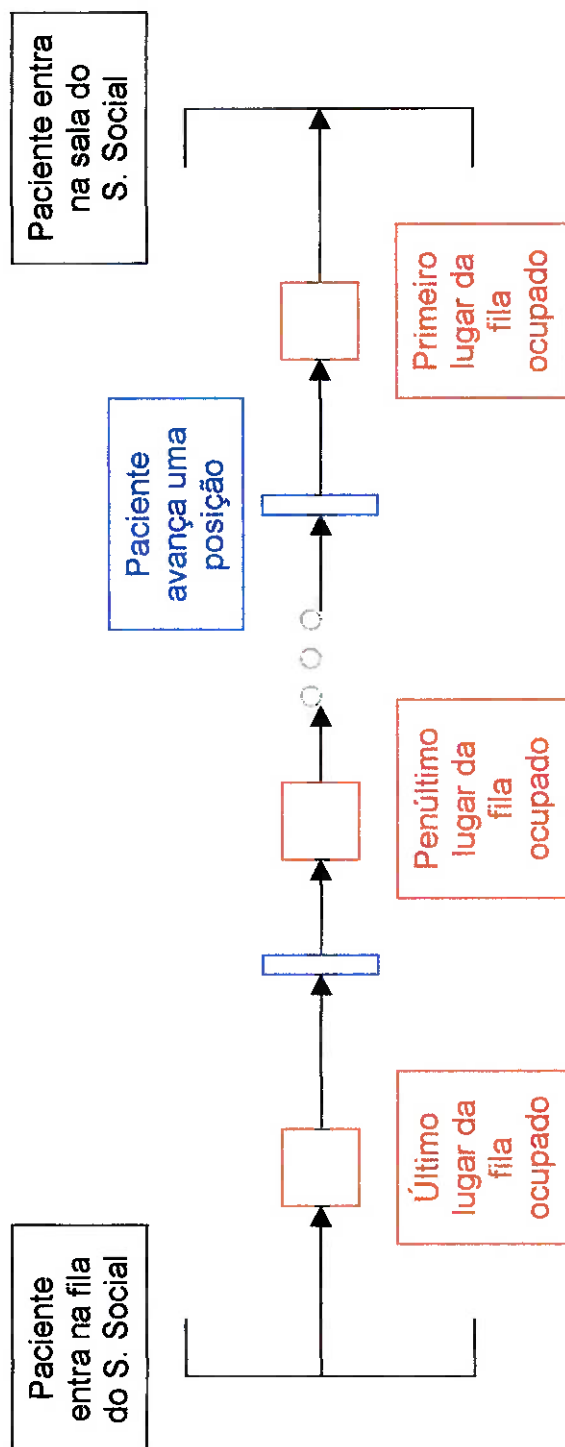
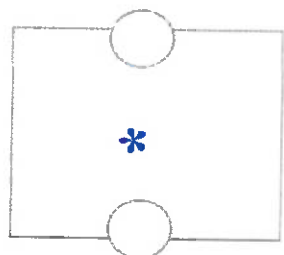


Figura 4.16 – Modelo da fila para entrar na sala do Serviço Social



Fila para entrar na sala do Médico

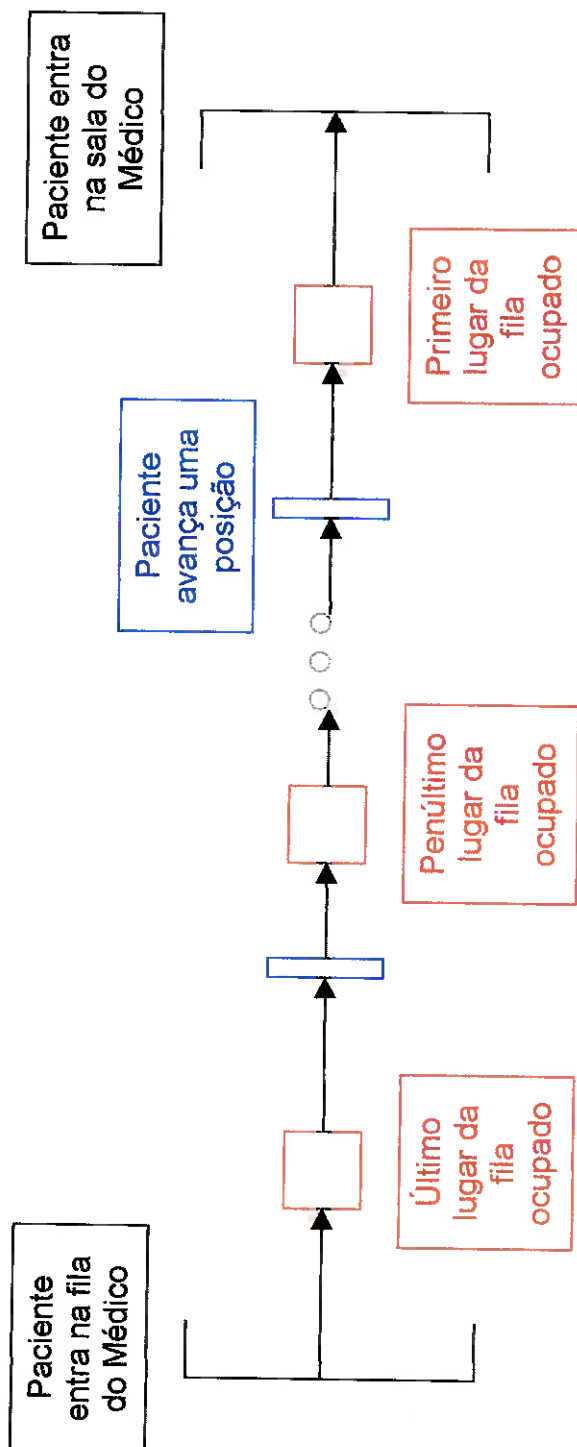


Figura 4.17 – Modelo da fila para entrar na sala do Médico

Nesta seção são apresentadas as conclusões do trabalho, assim como são apresentados comentários sobre as atividades desenvolvidas.

A metodologia de modelagem adotada permitiu a assimilação de diversos conhecimentos durante o desenvolvimento do projeto. Foi possível verificar como ocorre a fase de coleta de dados num processo de modelagem, todas as suas complicações quando se está lidando com profissionais de outras áreas de conhecimento e a necessidade de “traduzir” esses dados para uma linguagem que possa ser utilizada dentro da engenharia.

Para a realização dessa tradução, utilizou-se as Redes de Petri. Muito dessa teoria também foi assimilado durante a elaboração dos grafos, e a técnica mostrou-se eficiente para analisar qualitativamente os sistemas de saúde. No trabalho, pode-se verificar que um sistema é composto basicamente por dois tipos de grafos, o grafo que simula os recursos e entidades físicas propriamente ditos, e o grafo de controle, que tem por função regular todo o funcionamento do modelo para que este se comporte de acordo com as restrições do sistema.

As redes de Petri mostraram-se bastante eficazes pela sua simplicidade, sendo de fácil entendimento tanto para o pessoal da área de engenharia, bem como para o pessoal da área de saúde. A técnica permitiu que uma mesma linguagem (Redes de Petri) fosse utilizada entre duas áreas diferentes (engenharia e saúde) para que um modelo do sistema pudesse ser desenvolvido. Durante o processo de simulação, tanto uma como a outra parte puderam visualizar e entender como é o funcionamento do posto através do modelo.

Um ponto que merece destaque dentro do trabalho é o cronograma. Adaptações ao cronograma inicial foram efetuadas, pois durante o desenvolvimento do projeto, verificou-se que determinadas atividades comprometiam os prazos de conclusão, pela sua complexidade ou pelo seu grau de detalhamento que seria necessário para atingir o objetivo previsto.

Outro ponto que deve ser levantado é o da coleta de dados. Dentro de um processo de modelagem, a fase de coleta de dados é uma etapa de grande importância, pois é necessário que todos os dados relevantes ao funcionamento do posto sejam coletados e incluídos no modelo. Um estudo prévio desses dados pode levar a eventuais simplificações, como foi o caso do posto de saúde (no qual a saúde do adulto e do idoso foram incluídos num só fluxo). Somada à importância dessa fase, existe a dificuldade em se coletar tais dados. No presente projeto, foi necessário filtrar todos os dados que eram passados pelos funcionários do posto para variáveis do modelo.

Com relação à fase de modelagem, ou do desenvolvimento dos grafos propriamente dita, o processo foi elucidativo, já que uma atividade intelectual para interpretar condições, eventos, etc. se fez necessária, bem como uma revisão da teoria envolvendo redes de Petri.

Uma vez elaborados os grafos, a análise foi desenvolvida por simulação. Com o Pesim, foi possível verificar que a estrutura e o funcionamento básico das redes estavam corretos. O Petri Simulator 98 foi utilizado para a simulação no modo automático das redes, entretanto o software não gera registro dos dados de saída, impedindo que uma análise quantitativa seja realizada. Com o Petri Simulator 98, apenas uma análise qualitativa do modelo foi possível. Um software que gerasse o

registro de dados de saída após a simulação permitiria que variáveis pudessem ser monitoradas.

## **Contribuição do trabalho**

O uso da tecnologia de modelagem e análise de sistemas em hospitais vem crescendo ao longo dos anos, principalmente nos países desenvolvidos. Entretanto, o Brasil ainda se apresenta defasado tecnologicamente em relação a estes países, não apresentando projetos efetivos de automação em seus hospitais (tanto privados como públicos). Para tentar diminuir esta diferença existente o governo, através de suas universidades públicas como a Universidade de São Paulo (USP), estimula que trabalhos e pesquisas se desenvolvam para uma futura implementação.

Apesar de ser a primeira etapa de um projeto maior, este trabalho procurou desenvolver as ferramentas e os estudos necessários para um futuro desenvolvimento desse campo no Brasil, evidenciando ainda que muitos trabalhos serão necessários para obter resultados mais concretos.

Nesta seção são apresentadas algumas discussões que foram omitidas no texto principal, mas que são discussões relevantes no desenvolvimento da modelagem do posto de saúde.

Ainda neste anexo, são abordados os aspectos que deixaram de ser considerados no processo de modelagem, devido à simplificações ou pelo fato de serem aspectos excessivamente particulares que não são relevantes ao funcionamento do modelo como um todo.

## **A.1 Fluxo de Pacientes**

É apresentada aqui uma breve discussão da opção pelo enfoque do fluxo de pacientes para modelar o posto de saúde.

O enfoque dos pacientes para o desenvolvimento do modelo permite algumas simplificações e analogias que são fundamentais para se entender o funcionamento do posto e sua modelagem.

A começar pelo fato de que todo o atendimento dentro do posto de saúde enfoca o paciente como objeto principal. O posto tem fichas para o arquivo de dados pessoais de cada paciente, as consultas são marcadas de acordo com o tipo de paciente que será atendido. Exames laboratoriais ou eventuais encaminhamentos (para serviço odontológico, por exemplo) são realizados também em função do tipo de paciente, enfim, todos os

procedimentos efetuados são determinados quase que única e exclusivamente em função do tipo de paciente.

Os recursos disponíveis no posto de saúde para a realização de um atendimento, como, por exemplo, os médicos, enfermeiras ou até mesmo o espaço físico disponível para o atendimento ficaram relegados a um segundo plano na elaboração do modelo do posto. Os médicos têm seu horários pré-estabelecidos e controlados pelo pessoal responsável pela administração do posto. Esses horários são fixos, e não são objeto de um controle diário como é realizado com os pacientes. O mesmo ocorre com outros recursos, como os funcionários (que têm seus horários de trabalho previamente estabelecido) e salas de atendimento, dado que cada tipo de atendimento é realizado numa sala reservada para tanto.

Além disso, a maior facilidade e simplicidade de se modelar o posto em função do fluxo dos pacientes também influenciou na decisão tomada. Como, no posto de saúde, quem se movimenta são os pacientes, a modelagem desse movimento é diretamente representada através da dinâmica das marcas dentro da Rede de Petri. A visualização de um paciente que se move numa fila é evidente, se considerarmos, uma Rede que modela a fila, com as marcas como sendo os pacientes que ocupam os lugares da fila. Essa facilidade também é notada nos demais atendimentos do posto, como numa consulta. É possível identificar onde o paciente se encontra através da simples localização onde uma marca se encontra.

Uma última consideração que influenciou na opção pela modelagem do posto segundo o fluxo de pacientes dentro do mesmo, foi o fato de que

atendimentos como os da saúde da criança, mulher, idoso ou adulto são atendimentos padrão do posto de saúde. Dessa forma, o paciente que passa por esses atendimentos deve passar pelos mesmos exames, consultas e utilizar os mesmos recursos disponíveis no posto para cada um daqueles atendimentos. Tudo isso simplifica quando da elaboração do modelo.

## **A.2 Aspectos Desconsiderados**

Para elaborar o modelo do posto de saúde foi adotado como fluxo principal a ser modelado o fluxo de pacientes pelo posto pelas razões já anteriormente colocadas.

Entretanto, ao se adotar tal fluxo, alguns aspectos do posto foram desconsiderados ou simplificados, de modo que o modelo fosse simplificado e de fácil entendimento. Na escolha do fluxo principal a ser modelado, foi necessário avaliar qual fluxo melhor abrangeria todo o sistema, de modo a minimizar os aspectos desconsiderados.

O posto de saúde que serviu de objeto para o desenvolvimento do modelo possui, como já foi citado, alguns atendimentos padrões, que independentemente do dia da semana, estão sempre disponíveis. Em tais atendimentos se incluem a saúde da criança, a saúde da mulher e a saúde do adulto. Para tais atendimentos existem médicos com horários pré estabelecidos e todos os dias, no posto, tais atendimentos são realizados.

Por outro lado, existem alguns atendimentos específicos que são realizados apenas uma vez ou outra durante a semana (ou ao mês), e que dependem de apenas um médico específico que tomou a iniciativa de iniciar tal

tipo de atendimento. Em tal categoria se incluem, por exemplo, o atendimento de acupuntura, o PAVAS (Programa de Atendimento à Vítimas de Abuso Sexual), as campanhas de vacinação em massa que são realizadas pelo posto, entre outros.

Serviços prestados fora do prédio principal do posto de saúde, e que não interferem diretamente no fluxo de pacientes, também foram desconsiderados. Corriqueiramente, esses serviços são independentes entre si, e não fazem parte do atendimento rotineiro do posto. Exemplos de serviços como esses são o serviço odontológico, farmácia e laboratório. No caso do laboratório, o paciente deve comparecer uma semana antes da consulta, munido do requerimento de exames, para a realização destes. Desse modo, não há interferência desse fluxo com o fluxo de pacientes que estão sendo efetivamente atendidos. O mesmo ocorre com o serviço odontológico, no qual as crianças acima de três anos de idade são encaminhadas após passarem pela consulta, e a farmácia, pela qual os pacientes devem passar após a consulta munidos da receita médica para a retirada de medicamentos.

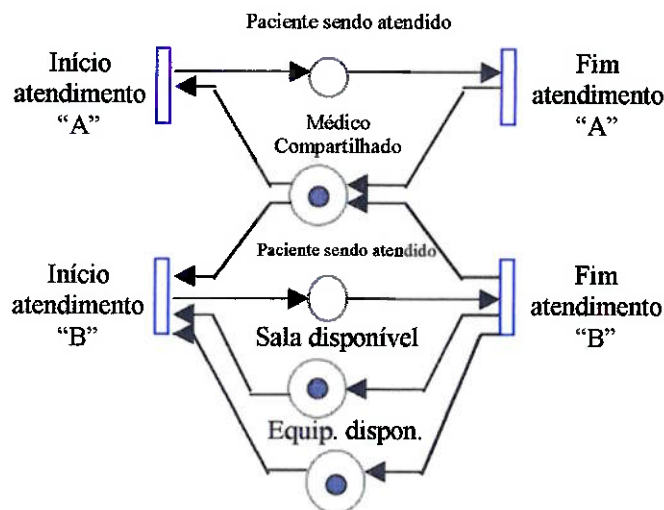
Uma simplificação que foi adotada foi com relação à saúde do idoso. Esse tipo de atendimento é idêntico, para efeitos de modelagem, ao atendimento da saúde do adulto. Isto é, os médicos que realizam o atendimento ao adulto, as salas e equipamentos utilizados são os mesmos que no atendimento ao idoso. A diferença está nos exames que são realizados pelo médico, quando da consulta. Como o exame que o médico faz diretamente no paciente não vem ao caso para efeitos de modelagem do sistema, o atendimento ao idoso foi simplificado para um atendimento comum dentro da

saúde do adulto, já que ambos se utilizam dos mesmos recursos. Em outras palavras, um idoso foi considerado como um adulto que é atendido no posto.

Um último tipo de atendimento que não foi modelado, mas merece ser citado é o PAVAS - Programa de Atendimento às Vítimas de Abuso Sexual. Esse programa envolve psicólogos, enfermeiras e assistentes sociais para o atendimento de crianças e adolescentes vítimas de abuso sexual. No entanto, não se trata de um atendimento de rotina do posto, e por isso foi desconsiderado.

Um aspecto que merece destaque, mas que foi desconsiderado quando da modelagem são os recursos necessários para que o atendimento seja possível. Em recursos, entenda-se médicos, funcionários, espaço físico, equipamentos e outros recursos que se fazem necessários para que um atendimento seja efetivamente realizado. Durante o processo de modelagem, não foi considerada a disponibilidade dos recursos quando outro paciente necessitasse do mesmo. Tampouco foram considerados recursos compartilhados com mais de um evento.

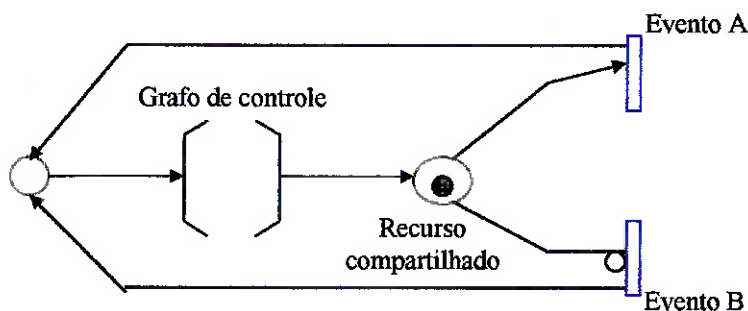
A solução para esse problema dentro do modelo, apesar de sobrecarregar o grafo em que o modelo está baseado pode ser observado na *FIGURA A.1*.



*Figura A.1 - Evidenciando como seria considerar outros recursos num atendimento*

No exemplo anterior, é possível notar, além dos recursos que se fazem necessários para o atendimento (i.e. médico, sala e equipamento), um compartilhamento de recursos, no caso, o médico. Procurou-se mostrar dois atendimentos diferentes - A e B. O atendimento B evidencia os recursos necessários, e só irá ocorrer se todas as condições para sua ocorrência estiverem satisfeitas. No caso de dois eventos concorrentes compartilharem um mesmo recurso, um só ocorrerá quando o outro não estiver utilizando aquele recurso. Assim, se o médico está ocupado atendendo o paciente do atendimento A, o atendimento B não será iniciado até que o atendimento A esteja concluído e o médico liberado.

No posto de saúde, não foram notados muitos casos de compartilhamento de recursos, mas fica o exemplo de como seria lidado o problema. É possível que exista um determinado controle para decidir quando o recurso está ou não disponível. Um exemplo de grafo para esse tipo de problema encontra-se na FIGURA A.2 que segue.



*Figura A.2 - Compartilhamento e controle*

No exemplo anterior, nota-se que dois eventos “A” e “B” compartilham um mesmo recurso. No entanto, existe um controle para decidir a qual dos dois eventos o recurso irá atender. Esse controle é realizado pelo grafo de controle que, com base no funcionamento do sistema, deve ser elaborado. Na figura, o recurso está habilitado a atender o evento “A”, pois o arco que o conecta ao evento “B” é um arco inibidor. O grafo de controle deve determinar, de acordo com as restrições do sistema, se o recurso está habilitado para um ou outro evento.

### **A.3 Grafo de Fluxo vs Grafo de Controle**

Como foi citado na seção anterior, é possível que exista, dentro de uma rede de Petri, grafos ilustrando o fluxo que está sendo modelado; i.e., os pacientes no caso do posto de saúde, e grafos de controle que se fazem necessários para que o modelo obedeça de maneira fiel ao comportamento do sistema real. Nessa seção é apresentada uma discussão entre um e outro tipo

de grafo.

Para ilustrar a discussão, a figura A.3, que ilustra o atendimento de pré e pós consulta no posto de saúde, que envolve alguns tipos de controle.

É possível notar que no modelo relativo à figura, existem tanto lugares representando lugares físicos, como um lugar numa fila, por exemplo, como condições para que determinado evento ocorra. Os lugares de número 1 e 6 representam, na rede de Petri, os lugares na fila de pré e pós atendimento, respectivamente. Assim, aqueles “círculos” estão representando um espaço físico que realmente existe no posto de saúde. Uma marca dentro desses lugares indica que uma pessoa ocupa aquela posição na fila. É possível fazer a analogia, nesse caso, entre uma marca e um paciente que está na fila.

Por outro lado, existem condições, também representadas pelos mesmos “círculos”, e que, por sua vez, não existem fisicamente dentro do posto de saúde, mas são necessárias para que o modelo simule o sistema em função de suas restrições. Para ilustrar, todas as condições que não a 1 e a 6 na figura A.3, podem ser consideradas condições do grafo de controle. Tome-se, por exemplo, o lugar de número 3. Trata-se de um buffer que controla quantos pacientes existem na fila de pré consulta. Fisicamente esse buffer não existe dentro do posto, mas é necessário que ele esteja presente no modelo para que se “saiba” quando a fila está vazia, e então um evento seja disparado em função disso.

A mesma explicação vale para os eventos dentro do modelo. Ainda com relação à figura A.3, os eventos de 1 a 8 representam eventos que realmente ocorrem no posto. Como exemplo pode-se citar os eventos “Paciente entra na

fila de pré-consulta”(evento 1), “Paciente entra na pós-consulta” (evento 7), etc. Por outro lado, existem eventos que fazem parte do grafo de controle do modelo, e que não são observados no posto de saúde. Para ilustrar, pode-se citar qualquer evento de 1 a 9 na mesma figura A.3. Por exemplo, o evento 9: “Se 3 pacientes esperam na fila de pós, o funcionário é desabilitado a atender a pré”. De fato, nenhum funcionário é “desabilitado a atender a pré consulta” no posto de saúde. Essa condição é introduzida para que o funcionário simplesmente deixe de atender na pré-consulta e passe a atender na pós-consulta, dado que o número de pacientes na fila de pós-consulta é superior ou igual a 3.

Um grafo sem controle algum teria um comportamento totalmente desordenado, e não seria útil. Dessa forma, eventos e condições que controlem o fluxo que está sendo modelado são fundamentais no desenvolvimento do modelo de um sistema. É com esse grafo de controle que um modelo vai obedecer as restrições do sistema.

Um outro exemplo de controle que foi necessário implementar diz respeito ao estado final do modelo que simula o atendimento de pré e pós consulta no posto. O modelo, ao final da simulação, deve retornar ao seu estado inicial, de forma que esteja pronto para uma nova simulação. Foi necessário, então, implementar uma função que retornasse o modelo às suas condições iniciais. Foi criado assim um buffer que controla quantos pacientes estão em atendimento dentro da pré e pós consultas. Esse buffer pode ser observado na figura A.3 como o lugar 11. Além disso, foram criados eventos de “reset”, caracterizados pelas transições 13 na mesma figura A.3. Para cada

lugar onde poderia existir marcas após a simulação, foi criado um evento “reset”. Assim, toda vez que não existirem pacientes no posto (buffer 11 vazio) e houverem marcas indevidas, as transições “reset” estarão habilitadas e “limparão” as marcas do modelo, fazendo-o retornar ao seu estado inicial.



## **Bibliografia**

[HURRION, 1986] HURRION, R.D., **Simulation: Application in Manufacturing**, IFS Publications Ltd., London, 1986.

[KANG,1995] Kang K., Lilegdon W.R., Goldsman D., **Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference (WSC '95)**, ed. C. Alexopoulos, Arlington, VA, 1995.

[MANIVANNAN, 1994] Manivannan, D.A. Sadowski, A.F.Seila, **Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference**, ed. J.D. Tew, Orlando, FL, 1994.

[MIYAGI,96] MIYAGI, P.E., **Controle Programável - Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos**, ed. Edgar Blücher, São Paulo, 1996.

[Paiva,96] Paiva, Eleuses Vieira de. Texto coletado junto ao Jornal **O Estado de São Paulo** de 11/07/1.996, São Paulo.

[Pestana,96] Pestana, José O. Medina. Texto coletado junto ao Jornal **O Estado de São Paulo** de 31/10/1.996, São Paulo.