

MARCOS VENÍCIOS CONCEIÇÃO ARAÚJO

**SAVIH – SISTEMA PARA AUXÍLIO À
VIGILÂNCIA DE INFECÇÃO HOSPITALAR**

Florianópolis – SC
2002

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Marcos Venícios Conceição Araújo

**SAVIH – Sistema para Auxílio à Vigilância de Infecção
Hospitalar**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Prof. Dra. Silvia Modesto Nassar.

Florianópolis, Julho de 2002

.SAVIH – Sistema para Auxílio à Vigilância de Infecção Hospitalar

Marcos Venícios Conceição Araújo

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de concentração (Sistema de Conhecimento) e aprovada em forma final pelo programa de Pós-Graduação em Ciência da computação.

Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.

Banca Examinadora

Prof^a Sílvia Modesto Nassar, Dra

Prof. Fernando Mendes de Azevedo, Dr

Prof^a Maria Marlene de Souza Pires, Dr^a

Prof. Vitório Bruno Mazzola, Dr

Oferecimento

A todos que contribuíram direta
ou indiretamente, por vezes
mesmo sem saber. Aos meus pais
pelo zelo em minha formação. A
minha esposa pela constante
dedicação. Aos meus amigos
pelos grandes debates. Aos meus
mestres pela clareza de idéias.

Agradecimento

Agradeço primeiramente a Deus pela proteção diária, e pelos seus ensinamentos que contribuem para uma condição humana melhor.

Agradeço a minha esposa Márcia, por sua inteligência em tornar a vida em família mais produtiva, e por seu conhecimento, que como especialista em infecção hospitalar, contribuiu com esclarecimentos, críticas e validações a este trabalho.

Agradeço aos companheiros desta jornada, em particular ao Gustavo Campos, pelas horas de dedicação, para o sucesso deste mestrado.

Agradeço a UFSC, em nome de todos os professores do programa de Mestrado em Ciência da Computação, que foram incansáveis no ensinar e motivar.

Ao CESUPA que me proporcionou a oportunidade em realizar este mestrado.

Agradeço o incentivo, os ensinamentos, a clareza de idéias, e a objetividade da professora Silvia Nassar, ações estas que estão ao longo de todo este trabalho.

Resumo

Um paciente que apresente infecção hospitalar será submetido a tratamentos agressivos com uso de terapêuticas modernas, sua permanência será prolongada e a sua evolução poderá ser fatal, a detecção dos fatores de risco e o diagnóstico prévio podem reduzir drasticamente a incidência de infecção em pacientes internados. O desenvolvimento de uma metodologia informatizada, que auxilie ao especialista em IH simular as probabilidades de um paciente apresentar infecção hospitalar, mesmo que ainda não tenha apresentado, pode antever ações de diagnóstico e conseqüentemente de tratamento preventivo diminuído assim o ciclo de tratamento do paciente. Este projeto prevê o uso da metodologia NNISS (*National Nosocomial Infections Surveillance*) para registro de infecção hospitalar, onde o registro da busca ativa de pacientes através de procedimentos e formulário padronizados, bem como o uso de software para auxílio ao diagnóstico através de técnicas de tratamento de incerteza, especificamente sistemas especialistas probabilísticos. Este projeto apresenta um modelo de software componentizado, bem como, um protótipo que permite o registro de busca ativa de pacientes e um modelo de rede bayesiana para simulação casos de infecção hospitalar.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Justificativa	9
1.2. Objetivo Geral	12
1.3. Objetivos específicos	12
1.4. Estrutura do trabalho	13
2. O PROCESSO DE VIGILÂNCIA DE INFECÇÃO HOSPITALAR	14
2.1. Fundamentos teóricos sobre Infecção Hospitalar	14
2.2. O ambiente hospitalar	17
2.3. Características Gerais do Hospital	17
2.4. Dados da Infecção Hospitalar	19
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1. Inteligência artificial aplicada à medicina	21
3.2. Sistemas Especialistas	22
3.2.1. Representação de Incerteza	23
3.3. Sistemas Especialistas Probabilísticos	24
3.3.1. Probabilidade	24
3.3.2. Probabilidade Bayesiana	25
3.3.3. Teorema de Bayes	26
3.3.4. Redes Bayesianas	28
3.3.4.1. Construção de redes bayesianas	29
3.3.4.2. Aplicações usando redes bayesianas	30
4. O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO	32
4.1. Arquitetura do Sistema de Auxílio à Vigilância de Infecção Hospitalar	32

4.2. Funcionalidade dos módulos do Sistema de Apoio à Vigilância em Infecção Hospitalar	33
4.2.1. Funcionalidades dos módulos administrativos	33
4.2.2. Funcionalidades dos módulos comuns	34
4.2.3. Funcionalidades dos módulos específicos	35
4.3. Relação estatística para o ambiente hospitalar.	35
4.4. Montagem dos nós da rede bayesiana	38
4.4.1. A rede bayesiana do SAVIH	40
4.5. Demonstração da Rede de Inferência do SAVIH	41
5. CONCLUSÃO	43
5.1. Conclusões	43
5.2. Oportunidades futuras	43
6. BIBLIOGRAFIA	45
APÊNCIDE	47
Apêndice 1 - Ficha de Admissão de Paciente	48
Apêndice 2 - Prontuário de paciente	48
Apêndice 3 - Relação de Pacientes Internado X Pacientes com presença de infecção	50
Apêndice 4 - Relação por unidade de Pacientes Internado X Pacientes com presença de infecção	51
Apêndice 5 - Relação por procedimentos de Pacientes Internado X Pacientes com presença de infecção	52
Apêndice 6 – Relação geral de internações no período de agosto de 2001 a janeiro de 2002	53
Apêndice 7 – Relação de casos de infecções	54
Apêndice 8 – Relação de topologia de infecção	55
Apêndice 9 – Total de cirurgias realizadas	56
Apêndice 10 – Relação de procedimentos de risco	57

Capítulo 1 - Introdução

1.1. Justificativas

Desde os primeiros momentos dos espaços hospitalares existem infecções hospitalares, mesmo não sendo possível comprovar através de dados históricos, sabe-se que ao longo dos séculos, foram comuns as ocorrências de epidemias, contudo, somente na metade do século XIX começam a surgir os primeiros procedimentos de prevenção e cuidados. Segundo Maria Aparecida [MARTINS, 2001], em 1897 Ignaz Philipp propõe a lavagem das mãos com água clorada para todo examinador antes de tocar as mãos em trabalho de parto.

Mesmo sabendo que o assunto já possui relevância por si só, alguns motivos levam o investimento de tempo e custos de instituições e profissionais da área de saúde. Um paciente que apresente infecção hospitalar será submetido a tratamentos agressivos com uso de terapêuticas modernas, sua permanência será prolongada e a sua evolução pode ser fatal, para as instituições os impactos causados podem ser registrados em custos com internações prolongadas, a diminuição da oferta de leitos à comunidade, e até implicações legais configuradas em crimes como lesão corporal e danos à integridade física.

O Brasil através do Ministério da Saúde considerando os impactos gerados pelas Infecções Hospitalares, publicou a portaria 196 de 24/06/1986 que define: “*Todos os Hospitais do País, independente da entidade mantenedora, devem ter uma Comissão de Controle de Infecção Hospitalar*” [MARTINS, 2001]. Desde então o assunto vem sendo tratado pelo governo através de órgãos de gestão em saúde, hospitais públicos e privados, onde todas as atividades são conduzidas por profissionais da área de saúde que seguem procedimentos padronizados internamente aos hospitais ou metodologias internacionalmente conhecidas como o NNISS (*National Nosocomial Infections Surveillance*) que pode ser traduzida para o português como Vigilância Epidemiológica das Infecções Hospitalares por Componente.

Mesmo que por lei os hospitais sejam obrigados a ter uma equipe de profissionais especializados, corre-se o risco de que suas atividades sejam meramente de preenchimento e repasse de relatórios, ficando longe o propósito de prevenção. O quadro de dificuldade tende a agravar-se, em uma proporção direta ao número de leitos, a especialidade e tipo de clientela atendida no hospital.

Entre os fatores que podem influenciar no surgimento da infecção hospitalar, estão as condições de vida do paciente, o estado em que o paciente ingressa no hospital, os procedimentos clínicos ou cirúrgicos a qual será submetido, o tempo de permanência no hospital, entre outros, estes dados até podem ser coletados do prontuário do paciente, contudo, a realidade no Brasil é que a grande maioria dos hospitais não dispõe de sistema de prontuário eletrônico, de tal forma que todo o procedimento de investigação da equipe de infecção hospitalar é feito através de prontuários preenchidos manualmente, sendo assim, a prevenção no sentido de evitar que o paciente apresente infecção hospitalar torna-se uma tarefa complexa.

Os procedimentos para o diagnóstico, tratamento e prevenção da infecção hospitalar são realizados através da coleta dos dados de pacientes internados, que podem ser adquiridos através de uma busca ativa dos pacientes e prontuários, observações e relatos dos profissionais envolvidos nos cuidados com o paciente.

A grande quantidade de dados, a diversidade dos fatores de risco, e por vezes a falta de uma estrutura necessária (software, equipamentos e procedimentos adequados), torna mais árduo o trabalho dos profissionais responsáveis pelo controle da infecção hospitalar. O processo de diagnóstico de um modo geral é realizado pela observação da equipe de saúde, contudo a quantidade e rotatividade de pacientes em um hospital geram dificuldades para detecção de casos isolados.

O processo de vigilância de infecção hospitalar, quando realizado sem o uso de um sistema de software apropriado, torna-se lento e burocrático, dificultando o êxito das atividades de prevenção que está fortemente ligado ao tempo de dedicação e a experiências dos especialistas envolvidos na vigilância.

No momento em que os profissionais do controle de infecção hospitalar, preocupam-se com a coleta dos dados, a análise estatística dos mesmos, a definição de diagnóstico e a conduta de tratamento, a possibilidade do uso de software nas atividades de controle de infecção hospitalar permite a manipulação de grandes bases de dados, contendo informações detalhadas das características individuais de cada paciente, as intercorrências, os procedimentos realizados, os medicamentos utilizados, tudo com a possibilidade de relacionar os diversos dados armazenados e a coleta das mais diferentes estatísticas.

Uma vez que os dados gerados sejam confiáveis e de boa qualidade surge a possibilidade de usá-los para a tomada de decisão, esta análise será tão boa quanto à qualidade dos dados, ou seja, o procedimento de coleta de dados deve ser planejado e o software deve seguir as características e necessidades do local onde será utilizado.

De um modo geral o processo de coleta de dados deve ser o primeiro a ser planejado, ou seja, deve contemplar o que a equipe especialista irá se basear para realizar o diagnóstico e conduta de tratamento. Dados válidos e confiáveis podem gerar boas conclusões, permitindo assim a diminuição do espaço entre colher dados e obter conhecimento.

É neste espaço entre as atividades rotineiras dos especialistas e a qualidade dos dados coletados, que a utilização de técnicas mais aprimoradas como o auxílio à tomada de decisão pode ser aplicada, neste propósito a Inteligência Artificial (IA) surge com alternativas viáveis e interessantes para o auxílio aos especialistas, técnicas como tratamento de incerteza e reconhecimento de padrões podem ser utilizadas por um tipo particular de software com técnicas de IA, os chamados Sistemas Especialistas (SE).

Um SE através do cruzamento dos dados pode apresentar uma proposta de diagnóstico conforme as regras estabelecidas pelo especialista humano, normalmente o seu domínio de aplicação é sobre um assunto definido e específico, são capazes de através da utilização de toda a base de dados, inferir a respeito de um paciente específico produzindo conclusões racionais.

O SE pode também ser utilizado no auxílio à diagnósticos de casos complexos, raros, ou onde o especialista seja inexperiente, neste contexto o sistema pode ajudar a achar um diagnóstico mais provável e seguro, baseado nos dados do paciente.

Uma técnica utilizada em SE é a probabilidade, esta teoria propõe que um evento pode ocorrer dado que exista evidência de sua ocorrência em outro evento no passado, a área da probabilidade que trabalha com este enfoque é chamada de “probabilidade condicional”. Inferências estatísticas baseadas no teorema de Bayes são comumente usadas nos sistemas especialistas.

Este teorema fornece uma abordagem para calcular a probabilidade para cada diagnóstico, dado um conjunto de indicadores, como no exemplo, “a probabilidade que um paciente apresente infecção hospitalar, dado que foi submetido a uma cirurgia potencialmente contaminada é de 80%”.

O chamado Sistema Especialista Probabilístico é uma combinação das características que um SE tem em definir um domínio de aplicação com a possibilidade

de combinar a probabilidade condicional de sintomas e evidencias para gerar diagnóstico.

Neste contexto, um Sistema Especialista Probabilístico, pode ser desenvolvido seguindo regras de modelagem e desenvolvimento de software orientado a objetos, seguindo a teoria de Bayes e aplicado ao domínio da Infecção Hospitalar conforme a metodologia NNISS.

A aplicabilidade de um sistema informatizado no controle de infecção hospitalar na rede de serviços do Sistema Único de Saúde (SUS) já é uma realidade em vários hospitais do Brasil.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Motivado pela dificuldade da equipe de controle de infecção hospitalar em realizar diagnóstico preventivo, este trabalho tem como objetivo criar mecanismos informatizados que auxiliem especialistas na gestão, detecção e acompanhamento de pacientes que apresentem ou não infecção hospitalar.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Auxiliar o processo de busca ativa de pacientes segundo a metodologia NNISS, usando um sistema de registros de pacientes.
- Elaborar um modelo de software, que permita o desenvolvimento em módulos de um sistema para o auxílio à infecção hospitalar;
- Desenvolver um modelo de rede bayesiana que permita simular casos de infecção hospitalar.

1.3. Metodologia aplicada para o desenvolvimento do trabalho

Associação das técnicas de Inteligência Artificial, especificamente técnicas de tratamento de incerteza e as técnicas de prevenção e controle da infecção hospitalar, bem como, a modelagem arquitetural de software, compõe o contexto deste trabalho, e como metodologia o trabalho esta realizado da seguinte maneira:

- Descrever o processo de vigilância de infecção hospitalar, o processo de diagnóstico médico e os fatores de influencia para a ocorrência de infecção hospitalar. As atividades aqui relacionadas apresentam especificamente as condutas adotadas pelos especialistas em infecção hospitalar e tem por objetivo identificar os dados gerados nas atividades realizadas pelo especialista.

- Relacionar e detalhar a fundamentação sobre técnicas de tratamento de incerteza, entre elas os sistemas especialistas probabilísticos, nesta atividade o trabalho pretende descrever as técnicas e regras adotadas para a descoberta de conhecimento e como podem ser aplicadas para o contexto das infecções hospitalares.
- Elaborar um modelo de inferência que simule o processo cognitivo humano para a identificação de infecção, tendo por base o processo de diagnóstico do especialista e a técnica de descoberta de conhecimento escolhida para realizar a descoberta de conhecimento.
- Desenvolver a modelagem de um software que permita registrar dados de paciente e visualizar a probabilidade de um paciente apresentar infecção hospitalar. As atividades aqui realizadas relacionam-se com o uso da UML para a elaboração de uma arquitetura de software baseada em componentes.
- Simular o processo de análise e diagnóstico proposto, tendo como base um conjunto de casos fictícios. As atividades aqui realizadas objetivam criticar o processo de coleta e desenvolvimento do software de auxílio ao diagnóstico.

1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos, sendo o presente capítulo a apresentação da motivação e os objetivos do estudo.

O segundo capítulo apresenta o domínio do problema, descrevendo em detalhes os requisitos sobre a infecção hospitalar em uma instituição hospitalar.

O terceiro capítulo versa sobre a fundamentação teórica da Inteligência Artificial, as aplicações dos sistemas especialistas probabilísticos.

No quarto capítulo são apresentados: a modelagem do sistema proposto, a metodologia utilizada para o desenvolvimento da aplicação e os resultados obtidos.

Finalmente, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo, contribuições e direções futuras.

Capítulo 2 – O processo de vigilância de infecção hospitalar

Este capítulo aborda a fundamentação teórica sobre infecção hospitalar e serve de base para a identificação dos requisitos necessários para a elaboração do modelo de inferência para descoberta de conhecimento, bem como para a modelagem da arquitetura do software proposto.

2.1. Fundamentos teóricos sobre Infecção Hospitalar

Segundo Neusa Santos, [SANTOS, 1997] a infecção pode ser caracterizado de duas maneiras, são elas:

- **Infecção comunitária** – é aquela constatada ou em incubação no momento da admissão do paciente, desde que não relacionada com internação anterior do paciente no mesmo hospital. Pode ser associada também com complicação ou extensão da infecção que estava presente no ato da admissão.
- **Infecção hospitalar** – É adquirida após a internação do paciente, manifesta-se durante a internação ou mesmo após a alta, quando puder ser relacionada com a internação ou procedimentos hospitalares, ou seja, convencionam-se infecção hospitalar toda manifestação clínica de infecção que se apresentar a partir de 72hs após a admissão, também pode ser caracterizada antes de 72hs dependendo do procedimento realizado.

A infecção hospitalar acontece através da transferência de microrganismos nocivos entre profissionais de saúde para pacientes, de pacientes para pacientes, dos pacientes para profissionais de saúde e outras pessoas propensas, usando como meio de transferência objetos contaminados, como: seringas, roupas de cama, louças, comidas contaminadas. A transmissão pode ser direta, pelo contato das mãos, ou de modo indireto por inalação, ingestão ou picadas através da pele. [SANTOS, 1997].

Uma infecção é considerada hospitalar quando ela ocorre durante ou depois da hospitalização do paciente e não estava presente ou incubada no momento da admissão.

Conforme, Santos [SAN97] os riscos de Infecção Hospitalar recebem influencia direta da seguinte maneira:

- A baixa resistência imunológica dos pacientes;
- Pacientes portadores de doenças infecciosas podem ser reservatórios de microrganismos infecciosos;

- O acúmulo de pacientes em um mesmo ambiente de hospital, aumentando deste modo a probabilidade de infecção cruzada;
- A grande movimentação de pessoas no hospital, aumentando assim a probabilidade de transferência de microorganismos infecciosos;
- Os procedimentos ao qual o paciente é submetido, principalmente os invasivos;
- Berçário de recém-nascidos, por se tratar de pacientes com defesa imunológica em formação;
- O uso indiscriminado de antibióticos para controle de infecção, fortalecendo assim os microorganismos infecciosos.

Segundo Dianna Bolick [BOLICK, 2000], os fatores necessários para a ocorrência de uma doença infecciosa são: uma fonte de microorganismo causador de infecção; uma via de transferência do microorganismo; um hospedeiro suscetível à infecção pelo microorganismo.

As infecções podem ser classificadas conforme suas fontes de infecção, ou seja, infecções exógenas são causadas por micróbios de fonte externa ao paciente, como o ambiente e outras pessoas. A infecção hospitalar endógena é causada por micróbios da própria flora normal do paciente. Uma fonte em potencial de Infecção Hospitalar exógena encontra-se através de ar condicionado, pisos, cremes para mãos, loções corporais, entre outros. [Martins, 2001]

Neusa Santos [SANTOS, 1997] descreve que, apesar dos hospitais trabalharem no sentido de imunizar ambientes e conscientizarem profissionais de saúde, o maior número de infecções é do tipo endógeno causado pelas bactérias encontradas na pele e nas mucosas, no trato gastrointestinal e outras áreas do hospedeiro humano sadio. Como forma de representar o ciclo de transferência da infecção hospitalar a figura 2.1 apresenta a relação entre os diversos fatores.

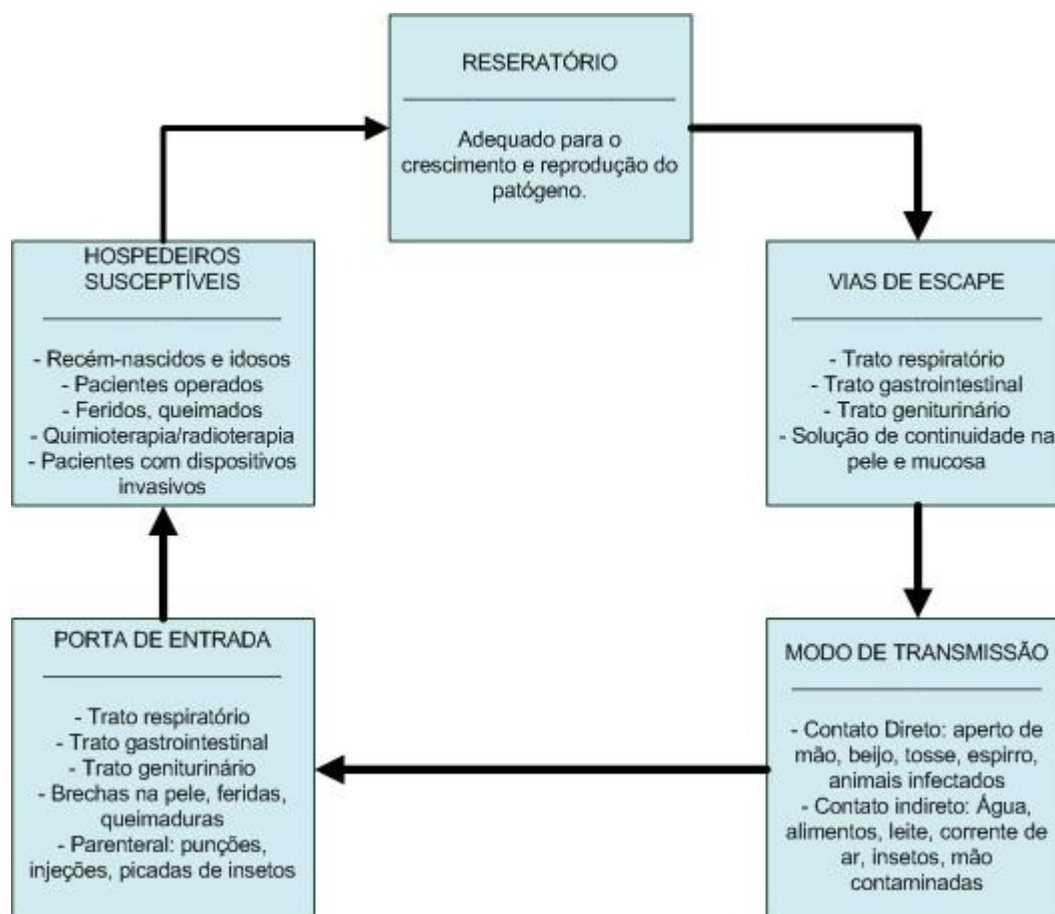


Figura 2.1. O ciclo de infecção adaptado de Santos (1997)

Para migração das bactérias geradoras da Infecção Hospitalar, faz-se necessária à ocorrência completa do ciclo apresentado na figura 2.1, ou seja, o agente infeccioso deve sair do reservatório, ter um meio de transmissão e uma porta de entrada em um hospedeiro suscetível. Se agente infeccioso for interceptado em qualquer estágio do ciclo, a infecção pode ser prevenida, a interrupção do ciclo é apontada principalmente na transmissão, porque fatores do hospedeiro e do agente infeccioso são mais difíceis de controlar. O quadro 2.1 apresenta condições que predispõem um paciente à infecção hospitalar.

Quadro 2.1. – Fatores de predisposição a IH em pacientes com as defesas comprometidas.

Fatores de predisposição	Base do aumento susceptibilidade	Tipo mais comum de infecção
Procedimentos invasivos, cateteres centrais, periféricos e urinários.	Corpo estranho	Infecção do trato urinário, bacteriano, abscessos, infecção da corrente sanguínea.
Transplantes de tecidos (rins, coração, medula óssea)	Diminuição da imunidade	Pneumonia, infecção do trato urinário, bacteriemia
Queimaduras extensas da pele	Diminuição da imunidade celular	Bacteriemia por pseudomonas
Má função ou ausência do baço	Síntese de anticorpo prejudicada	Bacteriemia, pneumonia, meningite
Falhas da medula óssea	Redução severa dos leucócitos	Bacteriemia, infecção do trato urinário, pneumonia.
Infecção pelo HIV	Imunodeficiência	Pneumonia, diversos tipos de infecções bacterianas e fungicas.

Fonte: [SANTOS, 1997].

2.2. O ambiente hospitalar

A Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) normatiza os procedimentos que combatem à infecção em hospitais, os profissionais que fazem parte desta comissão constituem-se os principais atores deste trabalho.

2.3. Características gerais do hospital

Servindo como referência de organização hospitalar, foi criado o cenário de um hospital de médio porte, destacando unidades relevantes para o acompanhamento das atividades de controle de infecção hospitalar, entre elas as seguintes unidades:

- **Urgência e Emergência:** possui como estrutura física 4 consultórios, 1 sala de observação com 6 leitos, duas salas de micro cirurgias. O processo de internação de paciente é feito através da admissão do paciente pela enfermagem e em seguida pelo médico plantonista. O Apêndice1 apresenta a ficha que a equipe de saúde preenche com os dados do paciente. Conforme as necessidades do paciente, o mesmo pode ser enviado para a sala de observação ou para as clínicas do hospital.
- **Clínica médica:** está dividida em 98 leitos, com 80 enfermarias e 18 de apartamentos, nesta clínica o paciente recebe os cuidados necessários para sua recuperação e alta. O processo de recebimento de pacientes de

outras clínicas é feito conforme ficha de admissão e o prontuário do paciente. O Apêndice2 apresenta a ficha do prontuário.

- ❑ **Centro Cirúrgico:** está organizada em 4 salas de cirurgia, 1 ante-sala para troca da equipe de saúde. Em regra geral as cirurgias são marcadas previamente e a assepsia é feita de maneira constante.
- ❑ **CTI - Centro de Tratamento Intensivo:** possui 6 leitos dispostos em 1 salão, os pacientes internados, em geral os pacientes encontram-se debilitados e em constante monitoramento. O fluxo de pessoas é restrito apenas a equipe técnica, sendo alternada através de turnos de trabalho.
- ❑ **CCIH:** a Comissão de Controle de Infecção Hospitalar é representada por uma equipe de especialistas, tendo 1 representante de cada setor do hospital, 1 médico infectologista e 1 enfermeiro, entre as atividades, destacam-se as seguintes:
 - Realizar busca ativa em prontuário, a fim de investigar casos de infecção hospitalar;
 - Elaborar e implantar programa de controle de infecção hospitalar, para manter a vigilância epidemiológica das infecções hospitalares;
 - Realizar investigação epidemiológica e quando necessário implantar medidas de controle;
 - Elaborar e implantar normas e procedimentos técnico-administrativos visando controlar a disseminação de agentes de infecção, utilizando-se de medidas de isolamento e precauções;
 - Manter constante treinamento a fim de capacitar o quadro de funcionários e profissionais no que diz respeito ao controle as infecções hospitalares;
 - Divulgar os índices mensais de infecção hospitalar;
 - Executar e fiscalizar as de normas sugeridas e aprovadas pelo CCIH;
 - Apresentar relatórios de atividades e manter registros de acompanhamento.

2.4. Dados de infecção hospitalar

Para criar um cenário adequado para elaboração de uma rede de inferência, este trabalho usou como base de dados fictícia, contudo gerada e avaliada por especialistas em infecção hospitalar. Estes dados servem para aferir as avaliações quantitativas e qualitativas do controle de infecção hospitalar executada pela CCIH, avaliados da seguinte maneira:

- Relação de internação, Altas e Óbitos, apresentados no Apêndice 3;
- Relação de infecções conforme os tipos, descrito no Apêndice 4;
- Indicadores de infecção para CCIH, relatados no Apêndice 5;
- Relação de Pacientes Internado X Pacientes com presença de Infecção Hospitalar, demonstrado no Apêndice 6;
- Relação de internações por clínica levando em conta a ligação de Pacientes Internados X Pacientes com presença de infecção, a fim de detectar o maior número de casos por clínicas, descritos no Apêndice 7;
- Relação de Internações por procedimentos (clínicos e/ou cirúrgicos) a fim de comparar Pacientes Internados X Pacientes com presença de infecção, como forma de detectar o maior número de pacientes infectados por procedimentos no Apêndice 8;

Através deste estudo quantitativo foi possível aferir o número de pacientes com infecção hospitalar em cada clínica do hospital, bem como identificar as clínicas com maior número de casos, para que fosse possível identificar os seguintes itens:

- Por cada tipo de infecção:
 - Características dos pacientes no momento da admissão;
 - Principais causas de cada infecção;
 - Principais características apresentadas pelas infecções;
 - Procedimentos aplicados ao paciente, principalmente quando se refere aos procedimentos cirúrgicos;

Para este estudo, está caracterizado que o perfil do paciente e o fator social (saneamento básico) possuem condições adequadas de higiene. Esta é uma informação relevante, por se tratar de um dos itens que podem influenciar na infecção hospitalar, a infecção comunitária.

O estudo quantitativo foi realizado para demonstrar a relação de “dado um paciente com infecção”, então:

- Qual a influência de suas características sociais? Levando em conta o econômico, cultural e o higiênico;
- Qual a influência de suas condições físicas no momento da internação? Tais como: idade, baixa resistência, doenças pré-existentes;
- Qual a influência dos procedimentos ao qual o mesmo foi submetido?
- A relação do quadro de internação do paciente? (Idade, dados nutricionais, tipo de procedimento, histórico anterior)

Na avaliação do domínio do problema constatou-se que há um fenômeno aleatório, demonstrado pela seguinte situação. “Dado 2 pacientes com quadros semelhantes no momento da internação, há probabilidades de ambos apresentarem infecção hospitalar, porém após um período de internação constata-se que o primeiro apresentou infecção e o segundo não”. Onde para este caso, torna-se adequada à modelagem *bayesiana* para o tratamento de incerteza.

Capítulo 3 – Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta a relação das técnicas de inteligência artificial e a área de medicina, especificamente os sistemas especialistas, descreve ainda os métodos propostos para o tratamento de incerteza, como sistemas especialistas probabilísticos, probabilidade *bayesiana*, teoremas de bayes e redes *bayesianas*.

3.1. Inteligência artificial aplicada à medicina

A relação da inteligência artificial e a medicina, já vêm de algumas décadas, onde uma das motivações deu-se pela capacidade do computador em armazenar grandes volumes de dados e a velocidade em capturar estes dados, criou-se a expectativa de que o especialista da área de saúde pode ser beneficiado com um instrumento que melhorasse a tomada de decisão em relação ao diagnóstico e ao trato do paciente.

Com a associação das duas áreas de conhecimento, percebe-se a dificuldade em elaborar software com detalhamento e precisão para o auxílio à tomada de decisão, boa parte desta dificuldade deu-se pela falta de padronização dos dados e a diversidade na inferência realizada pelo especialista ao elaborar o diagnóstico.

No contexto de um hospital, o processo de diagnóstico que o especialista da área de saúde realiza, pode estar diretamente relacionado a qualidade de dados disponíveis e o nível de conhecimento na especialidade em questão. Sendo assim, os dados do prontuário do paciente devem ser de quantidade e qualidade suficiente para a identificação do diagnóstico e a conduta de tratamento.

Em um ambiente hospitalar, o diagnóstico de um especialista da área de saúde, pode estar diretamente relacionado à qualidade dos dados disponíveis, a experiência profissional e o nível de conhecimento do profissional. Sendo assim, os dados do prontuário devem ter quantidade e qualidade suficiente para um bom diagnóstico e conduta de tratamento.

A padronização e o preenchimento correto dos dados do paciente são fatores fundamentais para um bom diagnóstico. O especialista da área de saúde deve ter condições de selecionar adequadamente os dados e saber quando a experiência pessoal deve ser empregada.

Os sistemas especialistas surgem como a junção das atividades de inferências realizadas pelo especialista e técnicas de descoberta de conhecimento, o subitem 3.2 apresenta a proposta dos sistemas especialistas, bem como sua arquitetura dividida em componentes.

3.2. Sistemas Especialistas

Os sistemas especialistas caracterizam-se por um conhecimento amplo, em um domínio do problema, sempre com o objetivo de simplificar a busca da resposta através de considerações pré-definidas. Os sistemas especialistas possuem a habilidade de aprender com novas experiências e explicar como fazem as descobertas do conhecimento.

Tradicionalmente, a área de medicina apresenta um produtivo campo de aplicação para os sistemas especialistas. A quantidade das informações, a complexidade das ações dos especialistas e a organizações nos procedimentos realizados, permite a aplicação de técnicas que auxiliem na tomada de decisão.

O significativo grau de complexidade no desenvolvimento de um sistema especialista requer a arquitetura de um sistema modular. Esta estratégia permite a construção de um sistema robusto, consistente e com facilidade de manutenção. A figura 3.1 apresenta um esquema gráfico que demonstrar a organização e o relacionamento entre os módulos de um Sistema Especialista.

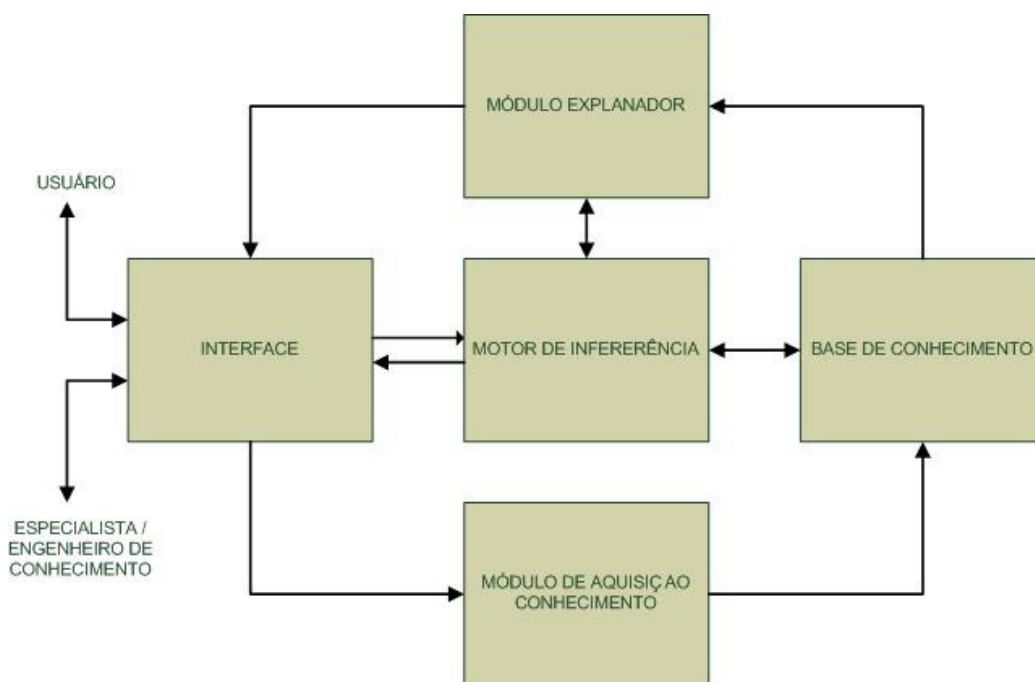


Figura 3.1 Estrutura convencional de um sistema especialista

Os módulos devem ser desenvolvidos com as seguintes características:

- **Interface** – responsável pela comunicação entre o sistema especialista e o usuário. Esta comunicação é feita através da entrada de fatos, dados e saída em forma de perguntas, conclusões e explicações.
- **Aquisição de Conhecimento** – responsável por converter o conhecimento do especialista em regras de inferência, deve ser utilizado constantemente para melhorar o refinamento da base de conhecimento e manter a maior proximidade possível do conhecimento do especialista.
- **Base de conhecimento** – responsável em armazenar o conhecimento específico de uma determinada aplicação, pode ser definida pelo especialista e contém fatos, regras e padrões adotados
- **Máquina de inferência** – imita a maneira de pensar de um especialista humano quando este estiver resolvendo um problema, representa como o conhecimento é manipulado;
- **Módulo explanador** – formula as respostas baseado no resultado da máquina de inferência.

A qualidade de um sistema especialista é avaliada através do módulo de aquisição de conhecimento, por representar o módulo responsável pela inclusão de novos conhecimentos na base de dados, deve ser desenvolvido para aplicar rigor e cuidado no tratamento dos dados. Para a aquisição de novos conhecimentos deve ser criado filtro de entrada de dados e para identificar inconsistência na base de conhecimento a revisão deve ser constante.

3.2.1. Representação de Incerteza

A qualidade da informação pode influenciar diretamente a tomada de decisão, porém, quando se trata da busca de conhecimento o fator incerteza, retrata, toda e qualquer imperfeição da informação em um determinado problema. Esta incerteza pode ser encontrada, nos dados de entrada, na solução do problema ou em ambos. [RUSSEL, 2003]

Para um especialista inferir os motivos que levam um paciente a apresentar infecção hospitalar, provavelmente deve ter fatos baseados em informações imprecisas, conflitantes ou inconsistentes, o fato de um paciente apresentar o mesmo conjunto de evidências de outro, não significa que os dois venham apresentar o mesmo diagnóstico.

Contudo, mesmo com informações incertas o especialista consegue tomar decisões razoáveis.

Para modelar incertezas, Russel Norvig apresenta alguns modelos matemáticos: [RUSSEL, 2003]

- **Modelo Difuso** – é usado para tratar informações imprecisas e vagas, o objetivo deste modelo é identificar o quanto um dado elemento pertence a uma determinada classe, possibilitando assim tratar informações como mais ou menos verdadeiras.
- **Modelo Probabilístico** – é usado para tratar informações conforme um número de ocorrências. Trabalha com a probabilidade condicional, ou seja, dado que um evento A ocorra, qual a probabilidade do evento B ocorrer.
- **Modelo de Evidências** – é semelhante ao modelo probabilístico, esta teoria trata da incerteza conforme o número de suas ocorrências, porém a diferença é que as informações são submetidas a uma função de crença.
- **Modelo de Fatores de Certeza** – é usado para descrever mecanismos para reduzir a complexidade de um sistema de raciocínio bayesiano, através de certas aproximações com o formalismo, utilizando fatores de certeza.

3.3. Sistemas Especialistas Probabilísticos

A aplicação da teoria da probabilidade em sistemas especialistas está baseada no prognóstico de que um evento vai acontecer por causa da evidência de um outro evento que aconteceu no passado, a área da probabilidade que trabalha com este enfoque é chamada de probabilidade condicional. Inferências estatísticas baseadas no teorema de Bayes são muito usadas nos sistemas especialistas.

3.3.1. Probabilidade

A probabilidade pode ser entendida como o número total de maneiras como um evento ocorre dividido pelo número total de maneiras como qualquer evento ocorre. A incerteza pode ser apresentada através de formalismos matemáticos, baseados na frequência de uma ocorrência. Dado que um indivíduo esteja disputando cara e coroa e ao jogar duas vezes uma moeda para cima, o quadro 3.1 apresenta os seguintes resultados que as duas jogadas podem gerar:

Quadro 3.1. Descrição dos resultados observáveis em lançamento.

1º Lançamento	2º Lançamento
Cara	Coroa
Cara	Cara
Coroa	Cara
Coroa	Coroa

É possível afirmar que:

- A probabilidade de *coroa* aparecer em um dos dois arremessos é de $3/4$;
- A probabilidade da *coroa* aparecer no primeiro de dois arremessos é de $2/4$;
- A probabilidade de nenhuma *coroa* aparecer em dois arremessos é $1/4$;

O denominador da equação de probabilidade sempre tem um número maior ou igual ao numerador, ou seja, a probabilidade de algo ocorrer é maior ou igual a zero e menor igual a um, definindo que o intervalo de probabilidade está entre $[0$ e $1]$.

3.3.2. Probabilidade Bayesiana

O teorema de Bayes está baseado na probabilidade condicional, que é um tipo de probabilidade baseada na existência de evidências. Por exemplo, considerando dois arremessos de moeda, a probabilidade de ter uma *cara* seguida de uma *coroa* ocorre apenas uma vez, ou seja, $1/4$. Mas a probabilidade de ter uma *coroa* no segundo arremesso, sabendo de antemão que é uma *cara* no primeiro arremesso, é de $1/2$. Isto acontece porque o fato de se saber que uma *cara* já foi obtida cria um novo conjunto, conforme quadro 3.2, de possibilidades:

Quadro. 3.2. Demonstrativo de lançamentos de moeda sem ocorrência de *coroa* no primeiro arremesso.

1º Lançamento	2º Lançamento
Cara	Coroa
Coroa	Coroa

São eliminados todos os casos em que *coroa* ocorra no primeiro arremesso porque há a informação de que *cara* já ocorreu. Portanto existe apenas um caso em dois com *coroa* no segundo arremesso. Isto ocorre na probabilidade 2. Conseqüentemente, a probabilidade condicional de se obter uma *coroa* no segundo arremesso, sabendo-se que já se obteve *cara* no primeiro arremesso, é de 1/2.

Segundo Russel [RUSSEL, 2003], a probabilidade condicional é usada quando se obtém alguma evidência relativa às variáveis aleatórias anteriormente desconhecidas que constituem o domínio do problema, a notação utilizada é $P(a|b)$ que pode ser lida como “a probabilidade de a , dado que tudo o que se sabe é b ”, por exemplo, $P(\text{Infecção}|\text{Febre alta}) = 0,8$, ou seja, dado que um paciente está com febre alta e que não há nenhuma outra informação disponível, a probabilidade do paciente estar com infecção é de 0,8. A probabilidade condicional pode ser definida pela formula:

$$P(a \wedge b) = P(a|b)P(b)$$

A fórmula é lida da seguinte maneira: a probabilidade de a e b ocorrerem, onde a ocorre primeiro, é igual à probabilidade de b ocorrer se for sabido que a já ocorreu multiplicado pela a probabilidade de a ocorrer.

3.3.3. Teorema de Bayes

A interpretação da probabilidade como o grau de certeza em um determinado evento, é chamada de “enfoque Bayesiano”. Neste enfoque, quando não se pode mensurar através de dados ou fatos a frequência de um evento qualquer, sua probabilidade pode ser dada com base no julgamento humano desde que se possa garantir que este julgamento seja feito de forma honesta.

Os métodos Bayesianos permitem representar numericamente o grau de certeza sobre um evento, e manipulá-lo de acordo com as regras definidas na teoria de probabilidade.

Na teoria da probabilidade, dados dois eventos A e B , é possível condicionar A a ocorrência de B . Essa probabilidade condicional é dada por:

$$P(A|B) = \frac{P(a \wedge b)}{P(b)}, P(B) > 0$$

$P(A|B)$ pode ser interpretada como, dado que o evento B ocorreu, a probabilidade do evento A ocorrer é igual a probabilidade de intersecção dos dois (A e B), dividida pela probabilidade de B , que deve ser maior que zero.

Dois eventos A e B são independentes se, a ocorrência de A não é informativa para a ocorrência de B e vice-versa. Assim, se A é independente de B então:

$$P(A|B) = P(A)$$

Pois:

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B)}{P(B)} = P(A)$$

A probabilidade conjunta de A e B é dada por:

$$P(A \wedge B) = P(A|B)P(B),$$

tem-se que A é independente de B , então:

$$P(A \wedge B) = P(A)P(B),$$

que define a relação de independência entre dois eventos (caso dois eventos não satisfaçam a condição acima, não são independentes).

Além dos conceitos clássicos a teoria Bayesiana possui o princípio do Teorema de

Bayes que é dado por:

$$P(H|e) = \frac{P(e|H)P(H)}{P(e)}$$

Onde “ H ” é uma hipótese, “ e ” a evidência e $P(e)$ é usado para normalizar a expressão, que vem de:

$$P(A|B) = \frac{P(A \wedge B)}{P(B)} = \frac{P(A \wedge B)}{P(A)}$$

e pode ser utilizado em um sistema especialista Bayesiano para atualizar uma base de conhecimento, dado o surgimento de uma nova evidência, ou seja, para determinar o chamado “conhecimento *posteriori*”.

O teorema de Bayes pode ser usado para manipular o caso onde a hipótese é uma proposição no domínio do conhecimento (uma doença específica, por um exemplo) e a evidência é a observação de algumas condições (por exemplo, um conjunto de sintomas). Todavia, o teorema pode também manipular casos onde uma hipótese é um parâmetro numa rede tem certo valor (ou distribuição de valores) ou que a rede tenha certa estrutura, e a evidência, dados que chegam sobre o caso.

3.3.4. Redes Bayesianas

Uma rede bayesiana pode ser descrita como grafos acíclicos orientados, que podem mostrar as ligações de casualidade e efeito, cada nó do grafo identifica um conjunto de variáveis e as ligações representam os relacionamentos de influencia entre as variáveis. Através de cálculos estatísticos, as variáveis terão uma tabela de valores de probabilidade. [RUSSEL, 2003]

Para exemplificar o uso de uma rede bayesiana, o será apresentado um cenário um hipotético, onde há a necessidade do técnico de enfermagem avisar o especialista em infecção hospitalar sobre o aumento de temperatura corpórea dos pacientes internados.

Cenário 1. Cenário de equipamento que detecta elevação de temperatura corpórea.

“Um hospital está testando um equipamento que **avisa** sempre que um paciente está com sua temperatura corpórea fora dos padrões normais, um especialista em infecção hospitalar, sabendo que a febre é um dos sintomas de infecção instrui 2 técnicos de enfermagem que liguem avisando sempre que o equipamento avise o aumento de **temperatura de um paciente**. Contudo, o equipamento é extremamente sensível e pode sofrer influencia da **temperatura do ambiente** onde o paciente está, ou seja, caso o quarto esteja com a temperatura muito acima pode acionar o equipamento. O **Técnico 1** sempre liga quando a temperatura do paciente aumenta alem do normal, entretanto, por ainda ter pouca experiência, confunde-se com os valores dentro da tolerância e liga sempre, já o **Técnico 2** preocupado em avaliar outros fatores do paciente nem sempre liga ao perceber o aviso do equipamento.”

O domínio apresentado no cenário proposto pode ser representação pela rede bayesiana da figura 3.2.

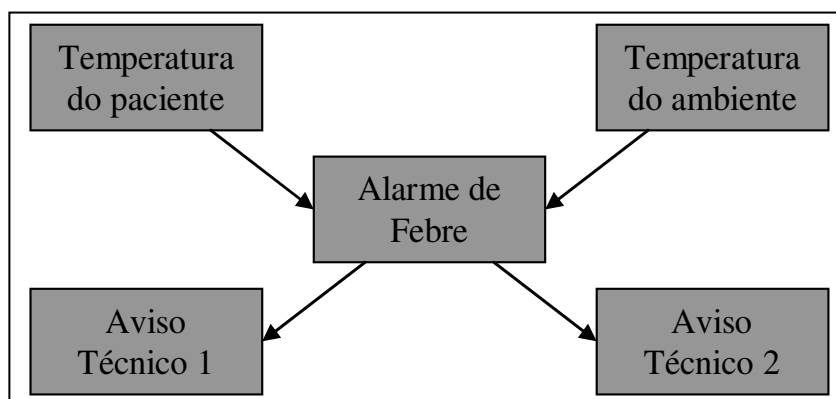


Figura 3.2. Rede bayesiana para o cenário de detecção de infecção hospitalar.

Mesmo sabendo que são inúmeras as possibilidades que podem ocasionar que o técnico não ligue para o especialista ainda assim os usos de equipamentos bem calibrados e técnicos bem treinados podem trazer resultados satisfatórios à detecção precoce da infecção do paciente

Tendo a topologia da rede definida, faz-se necessário definir a tabela de probabilidades condicionais para cada nó, sendo que a **tabela X** contém a probabilidade condicional para cada *caso condicional* dos nós pais. Um *caso condicional* é uma possível combinação dos valores para os nós pais. Por exemplo, para a variável aleatória *Alarme de Febre* temos:

Temperatura do paciente	Temperatura do ambiente	$P(\text{AlarmeDeFebre} \text{TemperaturaDoPaciente}, \text{TEmperturaDoAmbiente})$	
		Verdadeiro	Falso
Verdadeiro	Verdadeiro	0,950	0,050
Verdadeiro	Falso	0,950	0,050
Falso	Verdadeiro	0,290	0,710
Falso	Falso	0,001	0,999

Tabela X. Tabela de Probabilidade Condicional para Alarme de Febre.

A figura3 apresenta a Rede *Bayesiana* para o cenário1 e suas probabilidades condicionais.

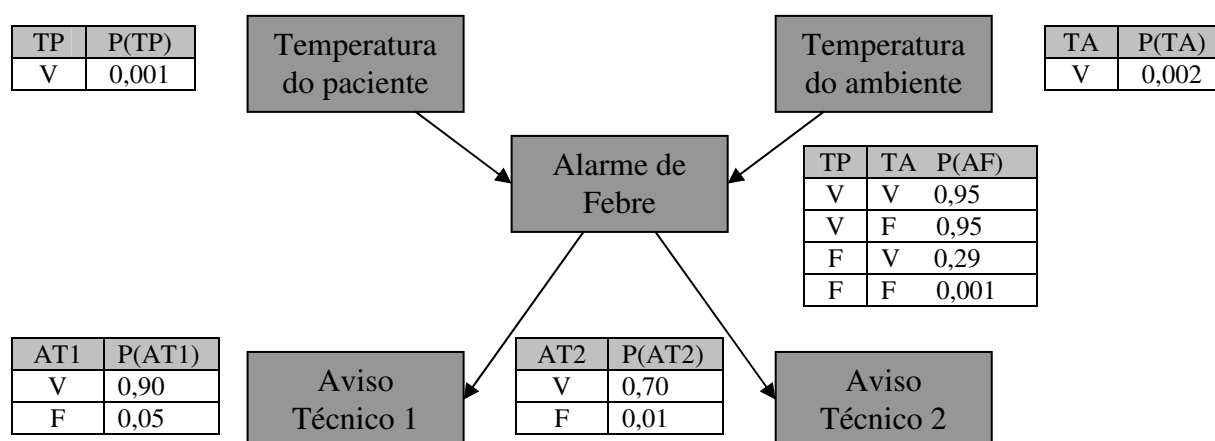


Figura 3.3. Redes Bayesianas e probabilidade para Análise de Febre.

3.3.4.1. Construção de redes bayesianas

O que determina uma boa utilização das redes bayesianas para o tratamento de incerteza é necessário à construção de uma tabela de conjunção de probabilidade que represente bem o domínio do problema. A equação

$$P(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i | \text{Pais}(x_i)) \quad (3.1)$$

representa o relacionamento de independência condicional que pode ser usada para orientar na construção da topologia da rede, para tanto será usada como base para

reescrever a distribuição conjunta em termos de distribuição condicional, usando para isso a regra de produto, a equação resultante pode ser descrita como:

$$P(x_1, \dots, x_n) = P(x_n | x_{n-1})P(x_{n-1}, \dots, x_1)$$

O processo será repetido para cada conjunção de probabilidade reduzindo em uma probabilidade condicional e uma conjunção menor.

$$P(x_1, \dots, x_n) = P(x_n | x_{n-1}, \dots, x_1)P(x_{n-1} | x_{n-2}, \dots, x_1) \dots P(x_2 | x_1)P(x_1) = \prod_{i=1}^n P(x_i | x_{i-1}, \dots, x_1)$$

tendo esta equação por base e comparando-a com a equação (3.1), observa-se que a especificação de uma tabela de conjunção de probabilidades é equivalente com a declaração geral:

$$P(X_i | X_{i-1}, \dots, X_1) = P(X_i | Pais(X_i)) \text{ para } Pais(X_i) \subseteq \{x_{i-1}, \dots, x_1\} \quad (3.2)$$

A equação (3.2) descreve que a rede *Bayesiana* é representada um domínio se e somente se, os nós são condicionalmente independentes de seus predecessores, dado seus pais. Sendo assim para a construção de uma rede que represente adequadamente um domínio de problema, faz-se necessário que para todo nó da rede esta propriedade seja atendida, de tal forma que os pais de um nó X_i devem conter todos os nós X_1, \dots, X_{i-1} que influenciem diretamente X_i . Desta forma o processo de construção de redes *Bayesianas* pode ser realizado através dos seguintes passos:

1. Escolha um conjunto de variáveis X_i que descrevam o domínio;
2. Escolha uma ordem para as variáveis;
3. Enquanto existir variáveis:
 - a. Escolha uma variável X_i e adicione um nó na rede;
 - b. Determine os nós $Pais(X_i)$ dentre os nós que já estejam na rede e que satisfaçam a equação (3.2);
 - c. Defina a tabela de probabilidades condicionais para X_i ;

3.3.4.2. Aplicações usando redes bayesianas

As Redes *Bayesianas* são utilizadas em vários domínios de aplicação, porém destaca-se sua utilização em processos de diagnóstico, especificamente ligada à área de saúde, em Nassar [NASSAR, 02] é apresentada uma relação de projetos nesta linha de pesquisa.

- **Sistema Especialista de Apoio à Nutrição Enteral Pediátrica – SANEP.** Este sistema identifica a dieta adequada a ser administrada a uma criança desnutrida e calcula toda a fórmula nutricional a partir dos diferentes tipos de leites disponíveis na farmácia de um serviço de atendimento pediátricos.
- **Sistema de Avaliação do Crescimento Infantil – SACI.** Este sistema realiza a avaliação da falência de crescimento em crianças decorrente de distúrbios nutricionais.
- **Sistema de Apoio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia.** É um sistema especialista que oferece apoio a médicos generalistas no diagnóstico de cefaléias. A rede bayesiana, foi construída considerando os critérios de classificação da Sociedade Internacional de Cefaléias (IHS), levando em conta os sinais e sintomas dos pacientes e nos valores estimados de probabilidades fornecidos pelos especialistas que participaram do projeto.

Estes trabalhos estão demonstrando a relevância do estudo, ou seja, a relação da área de computação, especificamente a linha de pesquisa de inteligência computacional, com o tratamento de incerteza ao apoio de diagnóstico em domínios da área de saúde.

A vantagem que as redes *bayesianas* trazem é o fato de poderem ser usadas de forma natural e intuitiva para representar informações condicionalmente independentes, ou seja, as redes *bayesianas*, oferecem uma boa solução a problemas onde conclusões não podem ser obtidas apenas do domínio do problema, onde, o uso de probabilidades é exigido.

Capítulo 4 – O Processo de Desenvolvimento

Este capítulo apresenta os requisitos e a arquitetura do Sistema de Auxílio à Vigilância de Infecção Hospitalar. O módulo de vigilância hospitalar para adultos está evidenciado neste capítulo, porém está descrito em um modelo arquitetural de agentes bayesianos distribuídos.

4.1. Arquitetura do Sistema de Auxílio à Vigilância de Infecção Hospitalar

O Sistema de Auxílio à Vigilância de Infecção Hospitalar – SAVIH está projetado conforme algumas premissas, entre elas: a modularização, que facilita o desenvolvimento de um sistema em partes; a portabilidade, que permite a funcionalidade do sistema independente dos sistemas administrativos do hospital. A arquitetura do SAVIH, vista na figura 4.1, apresenta uma arquitetura dividida em 1 pacote com módulos de interface e 3 pacotes com módulos específicos para as especialidades da vigilância hospitalar, bem como, 1 pacote que engloba os sistemas administrativos do hospital.

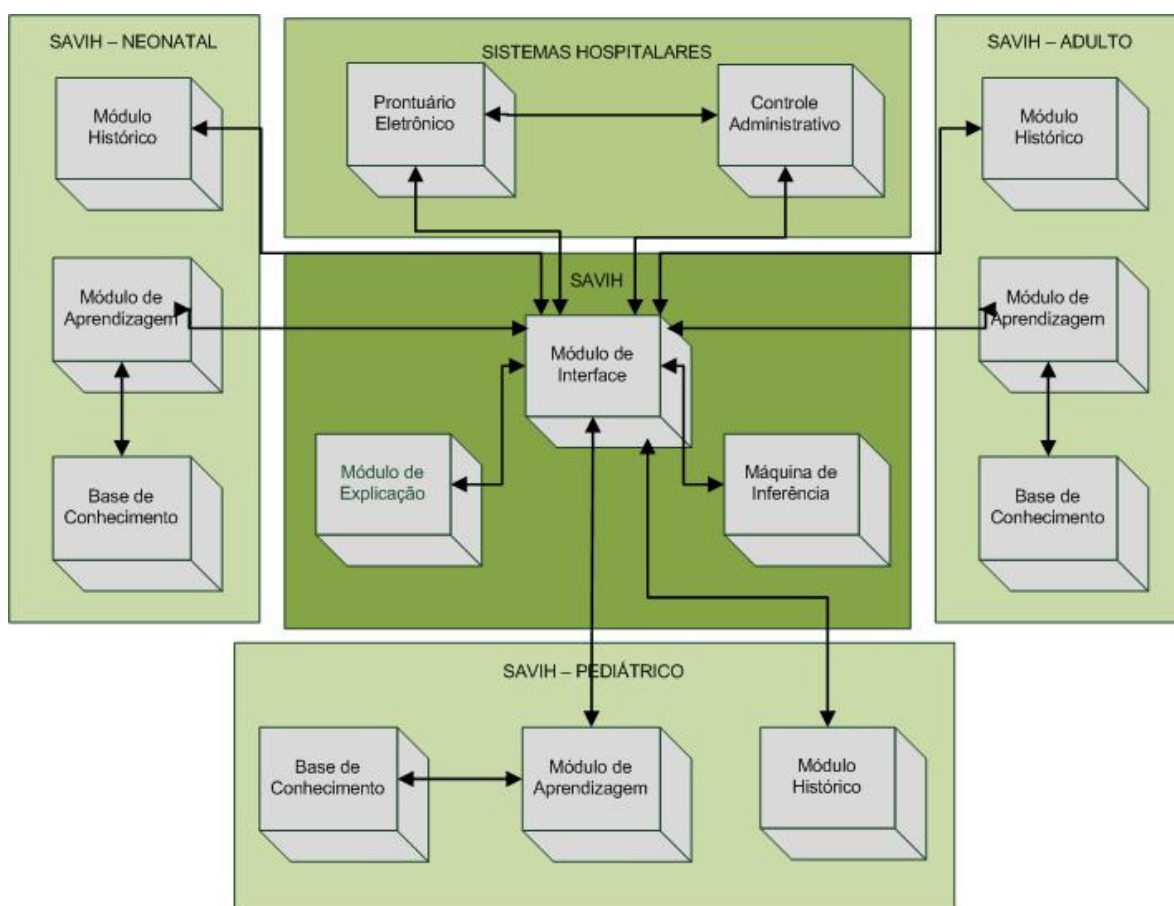


Figura 4.1 Arquitetura do Sistema de Auxílio à Vigilância de Infecção Hospitalar

4.2. Funcionalidade dos módulos do Sistema de Apoio à Vigilância em Infecção Hospitalar

A arquitetura do SAVIH está organizada através de pacotes de softwares e módulos de sistemas, implementados independentemente e relacionados através de interfaces de software. As funcionalidades estão descritas para os módulos dos componentes: Sistemas Hospitalares, SAVIH e SAVIH Adulto respectivamente.

4.2.1 Funcionalidades dos módulos administrativos

- **Controle Administrativo** – representa o módulo responsável pelas funcionalidades administrativas do hospital, entre elas: controle financeiro, gestão de pessoal, controle de estoque, entre outros. As principais informações deste módulo estão descritas na ficha de admissão do paciente conforme o APÊNDICE 1.
 - **Interações de entrada:**
 - Com o módulo de prontuário eletrônico, através da captura dos dados de procedimentos efetuados junto ao paciente, tais como: medicamentos utilizados, procedimentos médicos aplicados no paciente, entre outros. Para fins de compor a conta de internação do paciente, bem como efetuar baixa em estoques de medicamentos.
 - **Interações de saída:**
 - Com o módulo de prontuário eletrônico, através da permissão de acesso aos dados da ficha de admissão do paciente.
 - Com o módulo de Interface do agente bayesiano, através da permissão de acesso aos dados da ficha de admissão do paciente, tais como: Idade, Sexo, presença de infecção comunitária, entre outros.
- **Prontuário Eletrônico** – este módulo controla os procedimentos realizados no paciente, tais como: procedimentos médicos, medicamentos usados pelo paciente, situação clínica do paciente, entre outras informações, descritas no APÊNDICE 2.
 - **Interações de Entrada:**
 - Com o módulo de Controle Administrativo através da ficha de admissão de paciente.

- **Interações de saída:**
 - Com o módulo de Interface do pacote SAVIH para uso dos dados do prontuário do paciente, entre eles: clínica de internação do paciente, tempo de internado, situação de infecção, entre outros.

4.2.2 Funcionalidades dos módulos comuns

- **Módulo de Interface:** este módulo é a “porta” de entrada para o sistema de auxílio à vigilância de controle de infecção de hospitalar, tem como domínio as atividades de: captura dos dados do controle administrativo; captura dos dados do controle de prontuário; interação com módulos do mesmo pacote: máquina de inferência e módulo de explicação; interação com módulos dos outros componentes do SAVIH: módulo de aprendizagem e módulo de históricos de casos de infecção.
- **Máquina de inferência:** é responsável pela execução dos algoritmos de aprendizagem da rede bayesiana, a modularização permite a integração com diversos softwares de inferência bayesiana, entre eles o Nética que usado neste trabalho.
- **Módulo de explicação:** funciona como um montador de sintaxe, para que a partir dos resultados obtidos entre a interação do módulo de interface e a máquina inferência, este módulo explique os resultados obtidos melhorando a interface com o usuário, ou seja, no lugar de demonstrar apenas as relações entre os números obtidos, ele permite frases explicativas.

4.2.3 Funcionalidades dos módulos específicos

- **Base de conhecimento:** representa o conhecimento dos casos que servem como base para a máquina de inferência, a modularização proposta para o SAVIH permitiu criar uma base de conhecimento específica para pacientes neonatal (recém nascidos), pacientes pediátricos e pacientes adultos.
- **Módulo de Aprendizagem:** funciona como um repositório dos casos já selecionados pelos especialistas, estes dados são organizados de maneira semelhante aos nós da base de conhecimento.
- **Módulo de Histórico:** funciona como um depósito detalhado para os casos de infecção e os procedimentos adotados, contem: condutas médicas, medicamentos utilizados, resultados obtidos e relatos dos profissionais envolvidos no caso. Este módulo propõe que o especialista procurar por condutas adotadas em casos similares usando o método de Raciocínio Baseado em Casos - RBC.

4.3. Relação estatística para o ambiente hospitalar.

Tendo como base os dados coletados na instituição hospitalar apresentada no capítulo 2.

A descoberta do Nó de entrada foi realizada através da relação estatística do número de pacientes com presença de infecção em relação ao número total de pacientes internados em 5 meses consecutivos, este cálculo gerou a estimar do fator de risco de infecção hospitalar.

Tabela 4.1. Relação de total de infecções por número de internações em 5 meses.

Total de Internações	Total de casos de Infecção	%
2010	442	22%

Com base no número de casos de infecção hospitalar foram relacionados os fatores que podem ter influenciado ou não no diagnóstico do paciente, este calculo propõe os índices de pertinências para cada elemento do nó.

A tabela 4.2 demonstra o percentual de infecções comunitárias e infecções hospitalares em relação ao número de casos de infecção, porém é necessário definir o que representa infecção comunitária no domínio do problema, que neste caso são os pacientes que já apresentavam infecção antes da internação. Infecção hospitalar representa os casos de infecção adquiridos após internação do paciente.

Tabela 4.2. Percentual de infecções comunitárias e infecções hospitalares.

Total de casos de infecção	Infecção comunitária	%	Infecção Hospitalar	%
442	340	77%	102	23%

A Tabela 4.3 apresenta os números de casos de infecção de cada unidade hospitalar, este cálculo demonstra a probabilidade de um paciente apresentar infecção conforme sua unidade hospitalar de internação.

Tabela 4.3. Percentual de infecções por unidade hospitalar.

Unidades Hospitalares	Qtd	%
Clínica médica masculina	76	17,2%
Clínica médica feminina	88	19,9%
C.T.I.	129	29,1%
Obstetrícia	65	14,8%
Emergência	48	10,8%
Outras	36	8,2%
	442	

A tabela 4.4 apresenta a relação probabilística dos casos de infecção em relação ao sítio de infecção, ou seja, descreve a relação da infecção conforme o local do corpo do paciente que mais apresentou infecção hospitalar.

Tabela 4.4. Percentual de infecções por sítio de infecção.

Total de casos de infecção	Sítio de Infecção	Qtd	%
442	Ferida cirúrgica	28	6,4%
	Sistema respiratório	192	43,5%
	Sistema Digestivo	67	15,1%
	Sistema Urinário	86	19,5%
	Infecção de pele	42	9,6%
	Outras	26	5,9%

A tabela 4.5 demonstra a relação probabilística dos casos de infecção em relação ao fator de risco de infecção das feridas cirúrgicas, que no contexto desta pesquisa serão definidas como: limpas, potencialmente contaminadas, contaminadas e infectadas. Os casos de infecção que não possuem risco de infecção de ferida cirúrgica serão ditos como de ausentes.

Tabela 4.5. Percentual de infecções por fator de risco de ferida cirúrgica.

Total de casos de infecção	Fator de risco de ferida cirúrgica	Qtd	%
442	Limpa	64	14,4%
	Contaminada	92	20,8%
	Potencialmente contaminada	114	25,7%
	Infectada	163	36,8%
	Ausente	10	2,3%

A tabela 4.6 apresenta a relação dos casos de infecção com a idade do paciente, sendo que para o SAVIH-ADULTO a faixa-etária adotada é: Adulto Jovem de 18 até 59 anos e o Adulto idoso a partir de 60 anos.

Tabela 4.6. Percentual de infecção em relação à idade do paciente.

Total de casos de infecção	Fator de risco da idade	Qtd	%
442	Adulto Jovem	119	27%
	Adulto Idoso	323	73%

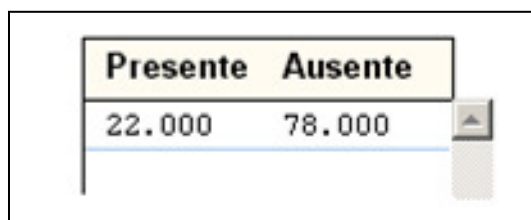
A tabela 4.7 apresenta a relação dos casos de infecção com o tempo de internação do paciente, que nesta pesquisa foi dividido em: até 3 dias de internação, de 4 a 8 e mais de 8 dias de internação.

Tabela 4.7. Percentual de infecção em relação ao tempo de internação do paciente.

Total de casos de infecção	Tempo de internação do paciente	Qtd	%
442	Até 3 dias de internação	57	13%
	De 4 a 8 dias de internação	169	38,2%
	Mais de 8 dias de internação	216	48,8%

4.4. Montagem dos nós da rede bayesiana

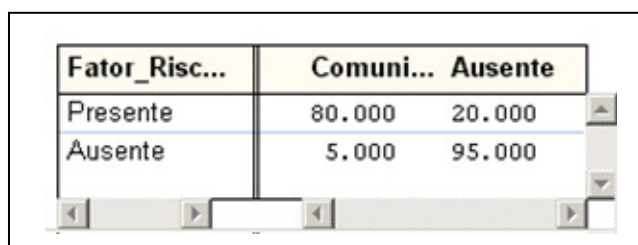
As relações estatísticas apresentadas nas tabelas do sub-item 4.3 serviu como base para montar a rede bayesiana da máquina de inferência. O primeiro “nó” declarado representa o risco de infecção hospitalar de um paciente, ou seja, dado que um paciente está sendo admitido no hospital, qual seu percentual de estar com alguma infecção comunitária, ou de não apresentar nenhuma infecção.



	Presente	Ausente
	22.000	78.000

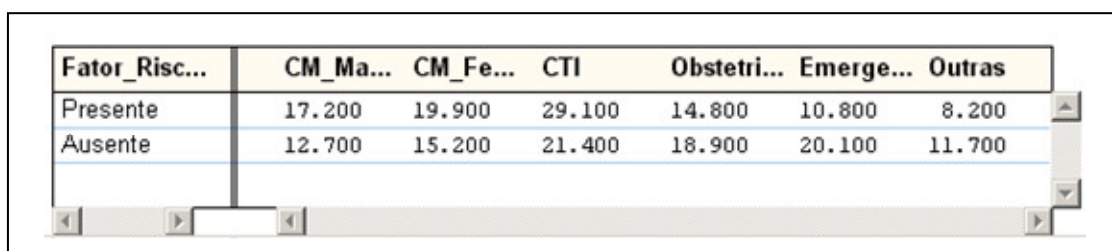
Figura 4.8. Situação atual dos índices de infecção na instituição hospitalar.

Os “nós” seguintes foram criados aleatoriamente seguindo sempre a relação estatística encontrada nos quadros do sub-item 4.3.



Fator_Risc...	Comuni...	Ausente
Presente	80.000	20.000
Ausente	5.000	95.000

Figura 4.9. Disposição estatística dos atributos do nó Infecção Previa.



Fator_Risc...	CM_Ma...	CM_Fe...	CTI	Obstetri...	Emerge...	Outras
Presente	17.200	19.900	29.100	14.800	10.800	8.200
Ausente	12.700	15.200	21.400	18.900	20.100	11.700

Figura 4.10. Disposição estatística dos atributos do nó Unidade Hospitalar.

Fator_Risc...	Ferida_...	S_Respi...	S_Diges...	S_Urina...	Infecca...	Outros
Presente	3.400	40.100	17.600	21.500	9.400	8.000
Ausente	16.500	10.600	20.800	23.800	19.700	8.600

Figura 4.11. Disposição estatística dos atributos do nó Sítio de Infecção.

Fator_Risc...	Ausente	Limpa	Contam...	Pont_C...	Infectada
Presente	2.300	14.400	20.800	25.700	36.800
Ausente	42.300	21.100	17.600	10.100	8.900

Figura 4.12. Disposição estatística dos atributos do Nó - Risco de Ferida Cirúrgica.

Fator_Risc...	Adulto	Idoso
Presente	27.600	72.400
Ausente	75.700	24.300

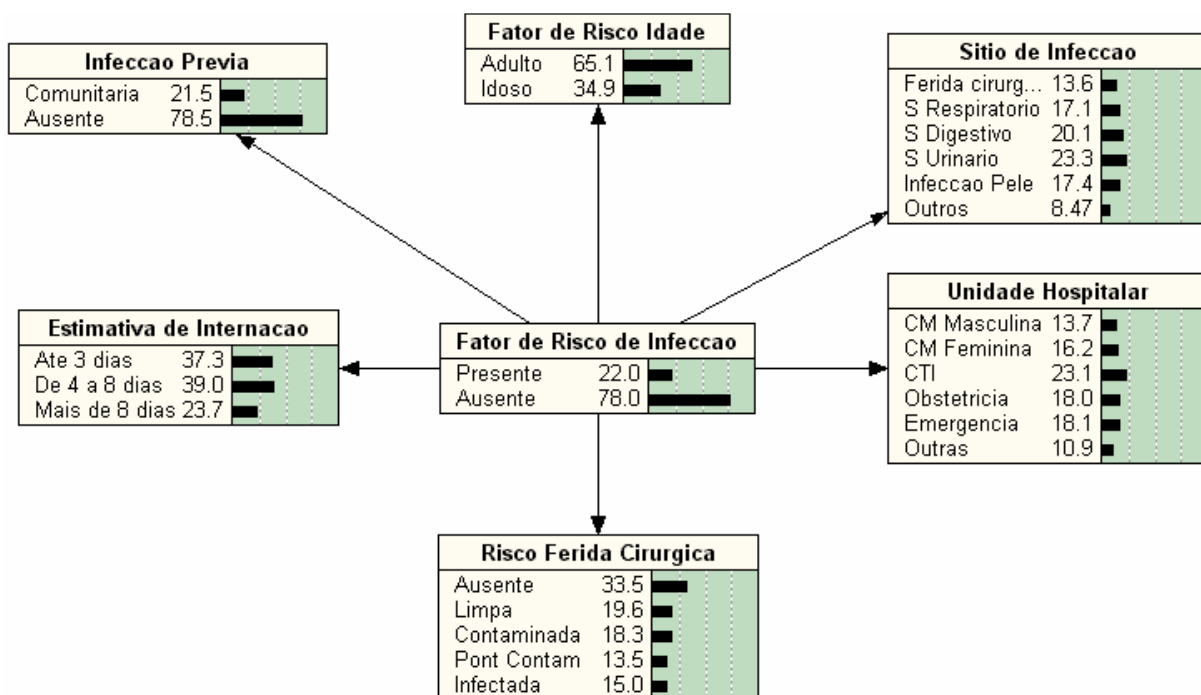
Figura 4.13. Disposição estatística dos atributos do nó Fator de Risco Idade.

Fator_Risc...	Ate_3_d...	De_4_a...	Mais_d...
Presente	13.000	38.200	48.800
Ausente	44.200	39.200	16.600

Figura 4.14. Disposição estatística dos atributos do nó Estimativa Internação.

4.4.1. A rede bayesiana do SAVIH

Tendo como base à definição dos nós propostos pela seção anterior, usou-se a máquina de inferência *Nética*. Onde foi possível estudar o comportamento da rede conforme várias condições de inferência. A figura 4.15 demonstra a rede bayesiana implementada no *Nética*.



4. 5. Demonstração da rede de inferência do SAVIH

Nesta seção, será demonstrado alguns testes feitos diretamente na máquina de inferência *nética*. Será demonstrado o mecanismo de inferência aplicado pelo *nética*.

Tendo como 1º evento um paciente a ser admitido no hospital com as seguintes características:

e1: Paciente idoso.

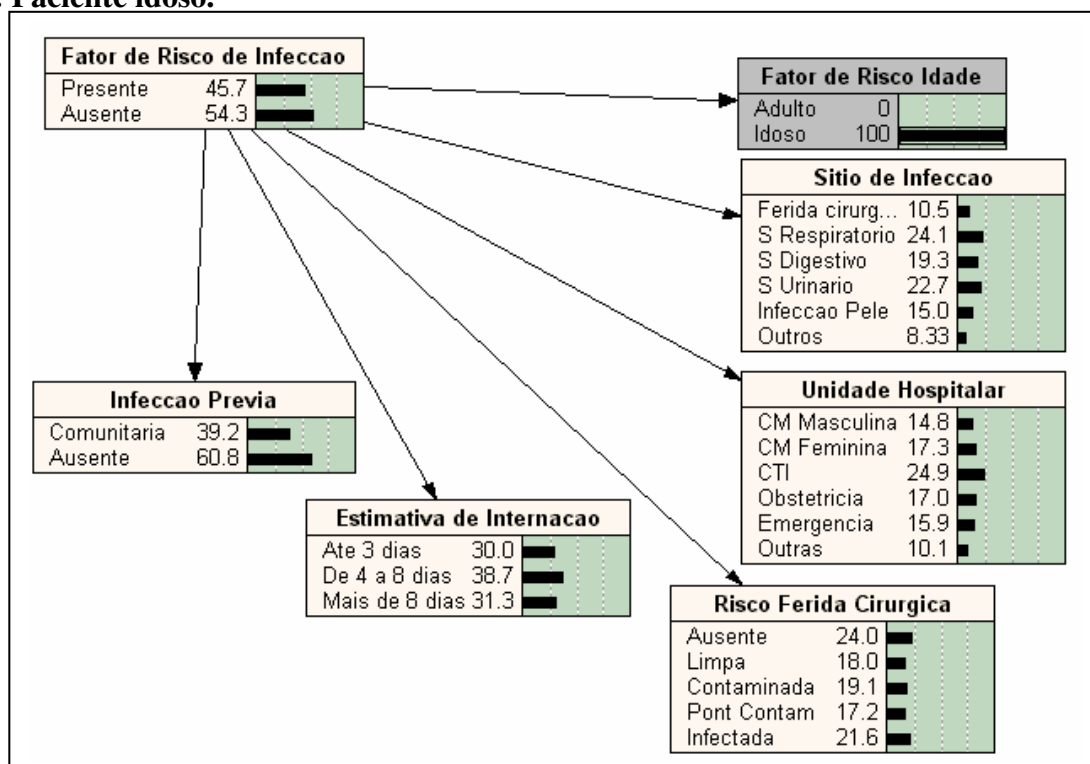


Figura 4.18. Simulação de paciente idoso

Resolução

$$P(H_i|e_1) = \alpha * \Delta$$

Onde:

$$\alpha = [P(e_1)]^{-1}$$

$$\Delta = \lambda * P(H_i)$$

$$\lambda = P(e_1 | H_i)$$

$$\lambda = (0,72 \quad 0,24)$$

$$P(H_i) = (0,22 \quad 0,78)$$

$$\Delta = (0,1584 \quad 0,1872)$$

$$\alpha = (1/0,3456)$$

$$P(H_i|e_1) = (0,4583 \quad 0,5416)$$

apresentar ou não infecção hospitalar.

$$P(H_i|e_1) = [P(e_1)]$$

e2: Paciente internado a mais de 8 dias.

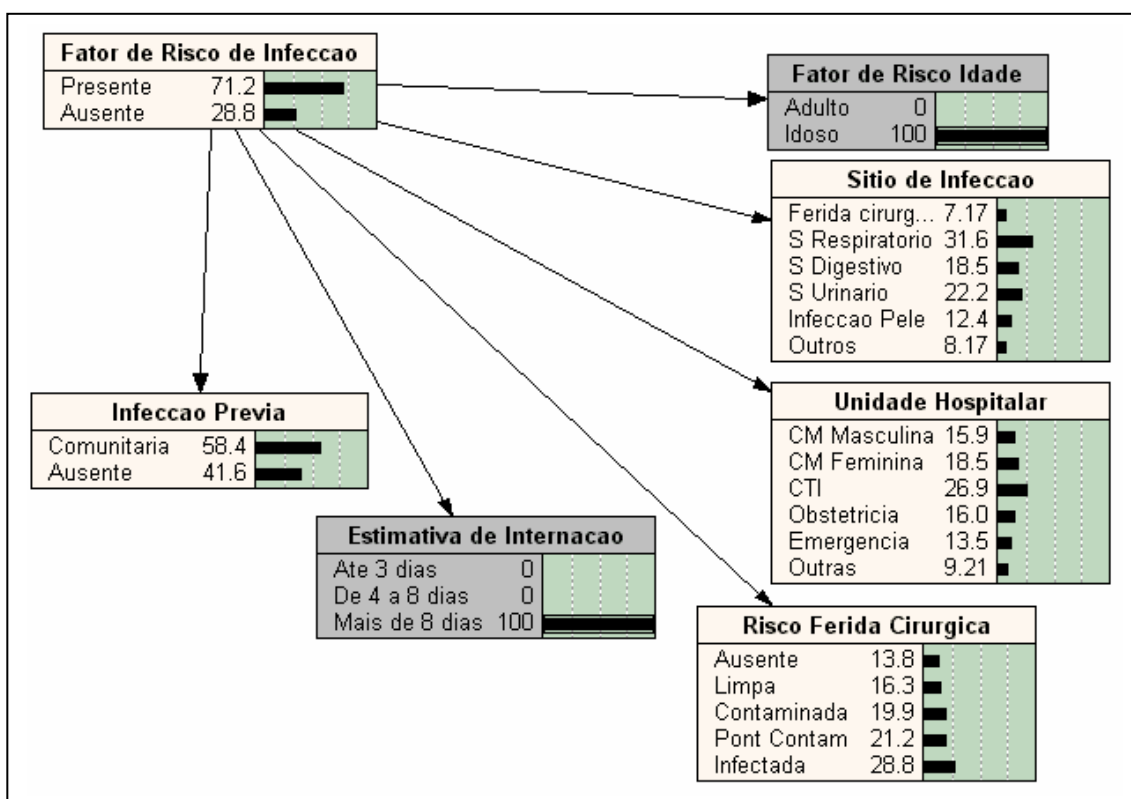


Figura 7.19. Simulação de paciente idoso e internado a mais de 8 dias.

Resolução

$$P(H_i | e_1 \wedge e_2) = \alpha * \Delta$$

Onde:

$$\alpha = [P(e_1 \wedge e_2)]^{-1}$$

$$\Delta = \lambda * P(H_i)$$

$$\lambda = P(e_1 | H_i) * P(e_2 | H_i)$$

$$\lambda = (0,488 \quad 0,166)$$

$$P(H_i | e_2) = (0,172 \quad 0,127)$$

$$\Delta = (0,088788 \quad 0,061442)$$

$$\alpha = (1/0,1502)$$

$$P(H_i | e_1 \wedge e_2) = (0,712 \quad 0,282)$$

Capítulo 5 – Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo, a aplicação das técnicas de modelagem de sistemas especialistas probabilísticos, como forma de tratamento de incertezas em um domínio de detecção de infecção hospitalar, onde foi usado para esta pesquisa, algoritmos de aprendizagem em redes bayesianas.

5.1. Conclusões

Em um primeiro momento os resultados obtidos a partir da modelagem da rede bayesiana sobre o domínio do problema de infecção hospitalar, puderam ser considerados satisfatórios, por terem sido comprovados através das situações exemplo. Ou seja, para esta pesquisa, o objetivo de identificar um modelo adequado para representar as incertezas dos fatores de risco de prevenção em infecção hospitalar, foi alcançado.

Em um segundo momento, a modelagem do SAVIH através de um modelo componentizado não só permitiu um melhor entendimento do modelo proposto para o sistema, bem como proporcionou que a documentação gerada seja de fácil entendimento e percepção para futuros estudos.

A arquitetura do SAVIH – Sistema de Auxílio à Vigilância de Infecção Hospitalar, que primeiramente permitiu visualizar as “fronteiras” do sistema, aqui apresentado como os módulos de controle hospitalar e o controle de prontuários, em seguida a arquitetura interna do sistema, que propõe uma rede de agentes inteligentes, aqui representados pelo SAVIH Adulto, SAVIH Pediátrico e o SAVIH Neonatal, permitindo deste modo à independência da implementação dos agentes.

A proposta do agrupamento e relacionamento entre os módulos do SAVIH, aqui divididos como módulos gerais: módulo de interface, módulo de explicação e máquina de inferência, e módulos específicos de cada agente: módulo de aprendizagem, módulo de histórico e base de conhecimento, permite que o desenvolvimento deste seja contínuo e facilmente adaptável à novas realidades do domínio do problema.

5.2. Oportunidades Futuros

Acreditando que a maior contribuição desta pesquisa é a arquitetura do SAVIH, espera-se que os trabalhos futuros estejam ligados à implementação de todos os módulos do sistema, partindo da arquitetura de proposta será possível propor as seguintes atividades como trabalhos futuros:

- ❑ Desenvolver programas, que permitam o acesso direto à máquina de inferência, que nesta pesquisa foi utilizado o *Nética*;
- ❑ Desenvolver o módulo de histórico, aplicando técnicas de tratamento de incerteza;
- ❑ Desenvolver os módulos ligados ao SAVIH Pediátrico e o SAVIH Neonatal, permitindo a interligação dos agentes através do módulo de interface;
- ❑ Desenvolver o SAVIH em ambiente de rede cliente/servidos;
- ❑ Desenvolver o agente de alerta de infecção hospitalar, que através de monitoria permanente ao banco de dados do módulo de controle de prontuário, permita aos membros da CCIH a evolução dos quadros de pacientes, aferindo o crescimento ou a diminuição da probabilidade de infecção hospitalar, em paciente ou por unidades hospitalares.

Espera-se que este trabalho demonstre a relevância técnica e científica que há em aplicar tecnologia da informação, inteligência artificial à área de saúde, por vezes carente de soluções tecnológicas e com tanto espaço de estudo.

6. Bibliografia

ALBUQUERQUE, L. **Sistema Especialista de Apoio à Nutrição Enteral Pediátrica – SANEP**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Computação, Depto. de Informática e de Estatística, UFSC, 2001.

CARVALHO, R. **Função de crença como ferramenta para selecionar diagnóstico em raciocínio baseados em caso**. Dissertação de mestrado apresentado ao Centro de Computação da - UNB. 1996

CARNEIRO, A. **Aprendizado automático em redes bayesianas**. Dissertação de mestrado apresentado ao Centro de Computação da - UNB. 1999

COWELL, R.G. et al. **Probabilistic Networks and Expert Systems**. New York: Springer-Verlag, 1999.

GELMAN, A & Carlin, John B. & Stern, Hal S. & Rubin, Donald B. **Bayesian Data Analysis**. London: Chapman Hall, 1996.

HRUSCHKA, Estevam Ravael. **Propagação de evidências em redes bayesianas: Diagnóstico de doenças pulmonares**. Dissertação de mestrado apresentado ao Centro de Computação da - UNB. 1997

LARMAN, Craig. **Utilizando UML e padrões: uma introdução à análise e os projetos orientados a objetos**. Porto Alegre. Bookman, 2000.

MARTINS, Maria A. **Manual de Infecção Hospitalar – Epidemiologia, Prevenção e Controle** – 2º edição. MG. Ed. MEDSI Editora Médica e Científica Ltda, 2001.

Ministério da Saúde. *National Nosocomial Infection Surveillance System (NNISS)*. Brasília. 1994.

NASSAR, Sílvia M. **A Estatística como Apoio à Inteligência Artificial: Sistemas Especialistas Probabilísticos**. In: **Estatística e Informática: um processo interativo entre duas ciências**. Trabalho apresentado no Concurso para Professor Titular, Departamento de Informática e de Estatística, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

NEAPOLITAN, Richard E. **Probabilistic Reasoning in Expert Systems**. New York: Wiley Interscience, 1990.

PRESSMAN, Roger. **Engenharia de Software**. 5^o. ed. Rio de Janeiro: MacGraw-Hill. 2002.

RICH. E. **Inteligência Artificial**. McGraw-Hill Book Company, 1983.

ROCHA, B. H. et al. Clinician's response to computadorized detection of infections. Am med Inform Assoc. V. 8, 2001, p. 117-125.

ROUQUAYROL, Z. epidemiologia e Saúde. 4 ed., rio de Janeiro, Medsi, 1994

ROVARIS Neto, E. **E-BAYES – Sistema Especialista para a análise de evasão discente de cursos de graduação no ensino superior**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Computação, Depto. de Informática e de Estatística, UFSC, 2002.

RUSSELL, Stuart J. NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 2^o. Edição. Rio de Janeiro. Prentice Hall. 2004.

SANTOS, Neusa. **Infecção Hospitalar: Uma reflexão histórico-crítica**. Florianópolis. Ed. Da UFSC, 1997.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Ficha de Admissão de Paciente

Dados Pessoais do paciente

Nome: _____ Data de Nascimento: _____ Idade: _____

Endereço: _____

Histórico de Doenças

Sinais e Sintomas

Antecedentes de doenças familiares

Dados sobre exame básico

Dados sobre exame físico

Impressão Diagnóstica

Procedimentos a serem realizados

Apêndice 2 - Prontuário de paciente

Dados Pessoais do paciente

Nome: _____ Data de Nascimento: _____ Idade: _____

Endereço: _____

Impressão Diagnóstica

Procedimentos a serem realizados

Prescrição médica

Evolução Médica

Estado Geral do Paciente

-

-

Exames de laboratórios

-

-

Apêndice 3 - Relação de Pacientes Internado X Pacientes com presença de infecção

Mês	Internações	QTD Infecção	Relação %
Agosto	250	120	48,00
Setembro	280	113	40,36
Outubro	300	130	43,33
Novembro	220	97	44,09
Dezembro	260	87	33,46
Total Geral	1310	547	

Apêndice 4 - Relação por unidade de Pacientes Internado X Pacientes com presença de infecção

Mês	Ago Inter	Ago IH	Set Inter	Set IH	Out Inter	Out IH	Nov Inter	Nov IH	Dez Inter	Dez IH
Urgência e Emergência	20		22		30		26		30	
Clínica Médica	110		120		125		100		115	
Centro Cirúrgico	90		100		115		80		90	
C.T.I.	30		36		30		14		25	
Total Geral	250	120	280	113	300	130	220	97	260	87

Apêndice 5 - Relação por procedimentos de Pacientes Internado X Pacientes com presença de infecção

Procedimento	Total	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Punção lombar	700	25	21	28	18	15
Respirador	680	20	18	20	16	14
Tubo Oratraqueal	650	18	14	18	12	13
Cateter Vesical	630	15	13	14	10	10
Drenos	580	12	12	10	09	08
Cateter Venoso	500	10	10	10	07	06
Sonda Enteral	420	09	09	10	06	05
<i>Dreno Torácico</i>	400	08	08	08	05	04
Cateterismo cardíaco	360	01	02	04	05	04
Broncospia	240	01	02	04	05	04
Traqueostomia	180	01	04	04	04	04
Total		120	113	130	97	87

Apêndice 6 – Relação geral de internações no período de agosto de 2001 a janeiro de 2002

Mês	Internações	% Óbitos	Óbitos	% Altas	Altas	Altas + Óbitos
Agosto	250	25%	63	73%	183	245
Setembro	280	22%	62	76%	213	274
Outubro	300	28%	84	70%	210	294
Novembro	220	26%	57	73%	161	218
Dezembro	260	28%	73	70%	182	255
Total Geral	1310		338		248	1286

Apêndice 7 – Relação de casos de infecções

Mês	QTD Infecção	Infecção Hospitalar		Infecção Comunitária	
		Quantidade	Percentual	Quantidade	Percentual
Agosto	120	05	2,00%	115	46,03%
Setembro	113	07	2,50%	106	37,70%
Outubro	130	05	1,50%	125	41,69%
Novembro	97	10	1,81%	87	39,48%
Dezembro	87	07	4,60%	80	30,76%
Total Geral	547	34		513	

Apêndice 8 – Relação de topologia de infecção

Topologia de IH	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Item
Sistema urinário	01	02	02	03	02	10
Sistema respiratório	01	01	01	02	01	06
Sistema digestivo	00	01	00	01	01	03
Sítio cirúrgico	03	03	02	03	03	14
Septicemia	00	00	00	01	00	01
Total Mês	05	07	05	10	07	

Apêndice 9 – Total de cirurgias realizadas

Mês	Total	Limpa	%	Contaminada	%	Potencialmente Contaminada	%	Infec	%
Agosto	85	50	58,52	22	25,88	08	9,41	05	5,88
Setembro	90	50	55,56	25	27,78	13	14,44	02	2,22
Outubro	105	62	59,05	28	26,67	09	8,57	06	5,71
Novembro	80	48	60,00	19	23,75	09	11,25	04	5,00
Dezembro	84	50	59,52	21	25,00	10	11,90	03	3,57

Apêndice 10 – Relação de procedimentos de risco

Procedimento	Total	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Punção lombar	700	120	130	160	165	125
Respirador	680	130	140	125	156	129
Tubo Oratraqueal	650	120	150	140	110	130
Cateter Vesical	630	126	110	136	140	118
Drenos	580	116	100	126	130	108
Cateter Venoso	500	100	96	106	118	80
Sonda Enteral	420	84	75	86	94	81
<i>Dreno Torácico</i>	400	80	86	78	87	69
Cateterismo cardíaco	360	72	67	59	81	81
Broncoscopia	240	48	42	51	46	53
Traqueostomia	180	36	32	39	41	32