

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Guias Clínicas Interpretáveis por Computador

Sistemas Inteligentes

Tiago Oliveira, Paulo Novais, José Neves
{toliveira,pjon,jneves}@di.uminho.pt

Título

Guias Clínicas Interpretáveis por Computador

Resumo

Os ambientes de cuidados de saúde são extremamente exigentes para os profissionais. Nestes ambientes há uma grande exposição a situações de tensão, que se repercutem na qualidade da prática clínica. O stress ocupacional origina situações de erro médico, de variações indesejadas na prática clínica e de medicina defensiva.

As Guias Clínicas (GCs), como recomendações clínicas baseadas em investigação científica sólida, podem solucionar tais problemas, fornecendo um suporte para a prática da medicina, baseada na evidência, e preenchendo eventuais vazios de conhecimento dos profissionais de saúde. Contudo, o seu formato actual não responde às exigências de um processo clínico que obriga a tomar decisões rápidas, com segurança. A solução pode passar pela implementação de formatos informáticos de GCs, as chamadas Guias Interpretáveis por Computador (*Computer-Interpretable Guidelines* - CIGs), em sistemas de apoio à decisão. As abordagens atuais de CIGs concentram-se sobretudo em aspectos relacionados com a modelação de tarefas, restrições temporais à execução de guias e integrações com sistemas de informação locais.

Índice Geral

Título.....	iv
Resumo.....	iv
Índice Geral.....	v
Notação e Terminologia.....	viii
Notação.....	viii
Acrónimos.....	viii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação.....	2
1.1.1. Stress Ocupacional e Erro Médico.....	2
1.1.2. Variações na Prática Clínica.....	3
1.1.3. Medicina Defensiva.....	4
2. Guias Clínicas.....	6
2.1. Introdução.....	6
2.2. Definição.....	7
2.3. Características.....	8
2.4. Objectivos das Guias Clínicas.....	10
2.5. Benefícios e Limitações.....	10
2.5.1. Para os Profissionais de Saúde.....	10
2.5.2. Para os Pacientes.....	11
2.5.3. Para as Organizações de Saúde.....	12
2.6. Metodologia de Desenvolvimento.....	12
2.6.1. Definição do Tema.....	12

2.6.2.	Composição do Grupo de Desenvolvimento de Guias Clínicas.....	13
2.6.3.	Análise do Problema	14
2.6.4.	Formulação de Questões-chave.....	14
2.6.5.	Pesquisa Bibliográfica	15
2.6.6.	Avaliação Crítica da Bibliografia Seleccionada.....	15
2.6.7.	Resumo da Bibliografia em Tabelas de Evidências.....	16
2.6.8.	Redacção de um Esboço da Guia Clínica.....	16
2.6.9.	Classificação das Evidências.....	16
2.6.10.	Outras Considerações.....	17
2.6.11.	Avaliação Externa.....	18
2.6.12.	Aprovação e Publicação da Guia Clínica	18
2.7.	<i>Living Guidelines</i>	18
3.	Guias Interpretáveis por Computador.....	20
3.1.	Introdução.....	20
3.2.	Obstáculos à Implementação de CIGs.....	20
3.3.	Benefícios da Implementação de CIGs	21
3.4.	Principais Aspectos do Desenvolvimento de CIGs	22
3.4.1.	Modelação e Representação de Guias Clínicas	22
3.4.2.	Aquisição de Guias Clínicas	23
3.4.3.	Verificação de Guias Clínicas.....	24
3.4.4.	Execução de Guias Clínicas.....	24
3.5.	Abordagens à Modelação de CIGs.....	24
3.5.1.	Arden Syntax	25
3.5.2.	Guideline Interchange Format (GLIF)	28
3.5.3.	PROforma.....	33
3.5.4.	Asbru	37

3.5.5.	EON	40
3.5.6.	Standards-Based Sharable Active Guideline Environment (SAGE)	44
3.6.	Análise.....	47
6.	Conclusões e Trabalho Futuro	52
6.1.	Conclusões	52
6.2.	Trabalho Futuro.....	52
6.3.	Leitura Recomendada.....	53
7.	Referências Bibliográficas	54
8.	Referências Electrónicas.....	60
9.	Anexos.....	61

Notação e Terminologia

Notação

Ao longo do documento utiliza-se texto em itálico para palavras em língua estrangeira, equações e fórmulas matemáticas e lógicas.

Alguns termos não foram traduzidos, nomeadamente os que dizem respeito aos modelos de representação de guias, de forma a representar fielmente os modelos.

Acrónimos

AHRQ	Agency for Health Research and Quality
BNF	Backus-Naur Form
CEMBE	Centro de Estudos de Medicina Baseada na Evidência
COGS	Conference on Guideline Standardization
FNCLCC	National Federation of Cancer Centers
GAC	Guideline Advisory Committee
GC	Guia Clínica
GEL	Guideline Expression Language
G-I-N	Guideline International Network
GLEE	Guideline Execution Engine
GLIF	Guideline Interchange Format
GRADE	Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation

HL7	Health Level Seven
IM	Informática Médica
KIF	Knowledge Interchange Format
NGC	National Guideline Clearinghouse
NICE	National Institute for Clinical Excellence
NZGG	New Zealand Guidelines Group
OMS	Organização Mundial de Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
R ² L	Red Representation Language
RDF	Resource Description Framework
SADC	Sistema de Apoio à Decisão Clínica
SAGE	Standards-Based Sharable Active Guideline Environment
SIGN	Scottish Intercollegiate Guidelines Network
TNM	Task Network Model
UE	União Europeia
UML	Unified Modeling Language
UMLS	Unified Medical Language System
VMR	Virtual Medical Record
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

Índice de Figuras

Figura 1 – Representação do ciclo de vida de uma GC (adaptado de (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008)).	13
Figura 2 – Representação das diferentes abordagens à modelação de CIGs, posicionadas sobre um eixo temporal de acordo com a altura em que se iniciou o seu desenvolvimento. Uma seta entre duas abordagens significa que a abordagem antecedente influenciou a abordagem consequente (adaptado de (Elkin, et al., 2000)).	25
Figura 3 – Exemplo de um MLM (reproduzido de (Teije, Miksch, & Lucas, 2008)).	27
Figura 4 – Representação esquemática dos tipos de passos do modelo GLIF3.	30
Figura 5 – Excerto de uma representação gráfica de uma guia para vacinação em GLIF3 (reproduzido de (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004)).	32
Figura 6 – Representação esquemática das principais classes de tarefas do modelo PROforma.	34
Figura 7 – Visualização de uma guia no ambiente de criação de tarefas PROforma (reproduzido de (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004)).	36
Figura 8 – Visualização de uma guia para o tratamento de distúrbio respiratório em crianças em AsbruView (reproduzido de (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004)).	40
Figura 9 – Representação esquemática das principais classes do modelo EON.	42
Figura 10 - Representação esquemática das principais classes do modelo SAGE.	45
Figura 11 – Esquema da arquitectura de execução de SAGE (reproduzido de (Ram, et al., 2004)).	46
Figura 12 – Representação esquemática das principais características dos modelos de representação de CIGs.	48

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Comparação das características de diferentes abordagens de CIGs (adaptado de (Wang, Peleg, Tu, Shortliffe, & Greenes, 2001)).	50
--	----

1. Introdução

A Informática Médica (IM) (Haux, 2010), como disciplina, é relativamente recente. Hoje em dia, é vista como uma disciplina transversal, que constitui a base da medicina e prestação de cuidados de saúde actuais. Consequentemente existe uma pressão considerável sobre a IM no sentido de melhorar a saúde da população, através das suas contribuições para cuidados de saúde eficazes, de qualidade e para inovações na biomedicina e ciências relacionadas. Os principais campos de investigação em IM podem ser agrupados de acordo com a aplicação e avaliação dos sistemas de informação em saúde, representação do conhecimento médico e análise de dados e sinais.

Os primeiros Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs) (Musen, Shahar, & Shortliffe, *Clinical decision-support systems*, 2006) foram introduzidos nos finais dos anos sessenta. Contudo, são poucos os que apresentam uma utilização generalizada em contexto clínico. Existe um consenso generalizado de que os SADCs apresentam o potencial de melhorar os cuidados de saúde e modificar o comportamento dos médicos. Apesar da sua utilidade, a falta de aceitação clínica por parte de profissionais de saúde e pacientes representa um entrave à disseminação destes sistemas. Dado que a forma de representação do conhecimento constitui a base de qualquer SADC, a integração nestes sistemas de Guias Clínicas ¹(GCs) pode contribuir para aumentar a sua aceitação.

GCs (Mead, 2000) são recomendações de boas práticas médicas para profissionais de saúde e pacientes, baseadas em evidências científicas. As GCs visam tornar os processos clínicos mais eficientes e estabelecem padrões de qualidade pelos quais os profissionais de saúde se devem orientar. Contudo, as GCs encontram-se sob a forma de documentos longos, que são difíceis de consultar, sobretudo no momento do acto clínico. Além disso, o tempo de revisão e actualização das guias não se coaduna com a velocidade de crescimento e actualização do conhecimento científico. O formato em que estão disponíveis também dificulta a sua actualização. Por estas razões as GCs não cumprem totalmente o seu objectivo de fornecer conhecimento aos profissionais de saúde e promoção de boas práticas médicas. O desenvolvimento de formatos

¹ Na literatura anglo-saxónica o termo utilizado é *Clinical Guidelines*, pelo que se optou por traduzir este termo para Guias Clínicas.

digitais para representação de GCs (Guias Interpretáveis por Computador²) (Kaiser & Miksch, 2009) apresenta-se como uma solução para a falta de dinamismo do formato em papel de GCs, o que permite o desenvolvimento de mecanismos automáticos de revisão e actualização de guias e a sua integração em SADCs. Isto também possibilita a incorporação de métodos de inferência em cenários de Informação Imperfeita, uma vez que o contexto clínico é fértil neste tipo de situações.

1.1. Motivação

A confiança nos profissionais de saúde tem uma importância vital em qualquer procedimento clínico. Os pacientes devem ter a certeza que os profissionais de saúde tomarão sempre a melhor decisão sobre o rumo do processo clínico, com base nas condições de saúde de cada um. Existem três situações que, pelo seu impacto na saúde, exigem atenção especial e são alvo de investigação, nomeadamente o stress ocupacional aliado ao erro médico, as variações na prática clínica e a medicina defensiva.

1.1.1. Stress Ocupacional e Erro Médico

Nos últimos anos, o stress ocupacional (Melo, Gomes, & Cruz, 1997) tem sido objecto de uma intensa investigação científica, sobretudo devido ao seu impacto negativo na saúde, quer a nível individual, quer a nível organizacional. Stress ocupacional é descrito como a soma de repostas físicas e psicológicas à ansiedade, motivada por questões de trabalho, apresentando um efeito negativo na saúde física e mental dos indivíduos, juntamente com uma redução da sua satisfação pessoal, produtividade e eficiência.

Os profissionais de saúde são particularmente afectados pelo stress ocupacional, pois lidam com os pacientes cara a cara e presenciam situações de extremo sofrimento, dor e morte. Pesquisas revelaram que existe um fenómeno de contágio emocional, quando os profissionais de saúde não conseguem evitar o envolvimento pessoal nos seus casos clínicos (Maslach, Schaufeli, & Leiter, 2001). Este contágio emocional é também motivado pelo sentido de responsabilidade por terceiros e contribui em grande medida para tornar o ambiente de trabalho das organizações

² O termo utilizado na literatura anglo-saxónica para descrever este tipo de guias é *Computer-Interpretable Guidelines* (CIGs).

de saúde, um dos mais tensos que existem. Os profissionais de saúde figuram entre os trabalhadores que trabalham mais horas, o que contribui para o aumento da exposição a situações potencialmente causadoras de *stress*. Os profissionais de saúde consultam um elevado número de pacientes todos os dias e é-lhes exigido que realizem uma gestão do tempo das suas consultas de forma a responder ao volume de pacientes. Uma vez que a gestão da prática clínica requer muita atenção da parte do profissional de saúde, este pode descurar a prática clínica em si, dando origem a pequenas negligências, que por sua vez, podem resultar em erro médico (Linzer, 2005). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), entre os países membros da União Europeia (UE), em média, ocorre erro médico em cerca de 8-12% das hospitalizações (OMS, 2010). Estes valores, apesar de não muito elevados, ganham uma dimensão maior no contexto dos cuidados de saúde, pois a ocorrência de um erro médico pode trazer consequências graves.

Para solucionar estes problemas, é necessário fornecer aos profissionais de saúde a informação que necessitam no momento do acto clínico, de forma a atenuar o seu desgaste físico, emocional e psicológico. Neste campo, a utilização de GCs está a revelar-se muito útil e a receptividade dos profissionais de saúde a estas ferramentas é elevada. Estudos realizados em organizações de saúde espalhadas pelo mundo apontam para que, em média, cerca de 75 % dos profissionais de saúde partilham da opinião de que as GCs são fontes de recomendações úteis, e cerca de 71 % concorda que as GCs são boas ferramentas de ensino direccionadas à melhoria da qualidade (Farquhar, Kofa, & Slutsky, 1992).

1.1.2. Variações na Prática Clínica

As variações na prática clínica podem dividir-se em variações justificadas e injustificadas (Hampton, 1997). As variações justificadas são aquelas que ocorrem devido a diferenças nos sistemas de saúde, diferenças nas características da população (e.g., sociodemográficas, culturais, estado de saúde, entre outras) ou devido às preferências do paciente ou profissional, no caso de haver mais de uma opção cientificamente válida. Este tipo de variações tem origem na liberdade inerente aos profissionais de saúde e não deve ser eliminada. As variações injustificadas são as que surgem quando controlados os factores citados anteriormente, que não trazem benefícios, são prejudiciais para os pacientes e traduzem-se numa redução da qualidade da prática clínica.

Na origem destas variações injustificadas está o stress ocupacional, a falta de exactidão dos dados recolhidos acerca dos pacientes e a tendência dos profissionais de saúde para seguirem a prática efectuada pela maioria, na tentativa de preencher vazios de conhecimento. Como consequência, há uma dificuldade acrescida de avaliação da qualidade dos cuidados de saúde, uma vez que as variações na prática clínica tornam impossível a definição de parâmetros de qualidade. Há portanto, uma necessidade de normalização e homogeneização dos cuidados de saúde, mantendo, contudo, a liberdade dos profissionais de saúde para tomar decisões, desde que cientificamente suportadas.

Para atenuar os efeitos das variações injustificadas na qualidade da prática clínica é necessário implementar mecanismos que permitam diferenciá-las das variações justificadas, e que apontem vazios de conhecimento relativamente aos resultados de determinados procedimentos. As GCs são um meio eficaz de promoção de boas práticas, pois enumeram os diferentes procedimentos clínicos disponíveis para o mesmo problema, melhorando o conhecimento acerca da eficácia destas soluções alternativas (Pearson, 1998).

1.1.3. Medicina Defensiva

A medicina defensiva (Studdert, et al., 2005) define-se como a decisão de um profissional de saúde de desviar-se do que se considera como boa prática, de forma a evitar eventuais queixas e processos jurídicos dos pacientes e respectivas famílias. A medicina defensiva positiva demonstra uma preocupação pelo bem-estar do paciente e em evitar os riscos de má prática clínica. Por seu lado, a medicina defensiva negativa passa por evitar determinados procedimentos e pacientes de alto risco de forma a preservar a integridade profissional. Estes actos nem sempre são conscientes e com o tempo impregnam-se de tal forma na prática clínica, que os profissionais já não se apercebem que assumem tais comportamentos. Na maioria dos casos, quanto maior a experiência do profissional de saúde, mais conservadora é a sua abordagem aos cuidados de saúde. Por sua vez, o aumento da prática de medicina defensiva leva a um aumento da despesa, sobretudo com os meios complementares de diagnóstico, acentuado pelos avanços tecnológicos dos últimos anos no campo das técnicas de exame. De acordo com a OMS, entre 1995 e 2009, os gastos com a saúde em Portugal subiram de 7.8% para 11% do Produto Interno Bruto (PIB) (OMS, 2011). O uso desnecessário de procedimentos invasivos e medicação cria riscos significativos para os pacientes. Aliás, a prescrição de fármacos constitui cerca de 20-30% das despesas globais com a saúde.

De forma a solucionar este problema, é necessário incentivar o desenvolvimento e implementação de GCs em formatos que apresentem uma maior disponibilidade para os profissionais de saúde e permitam uma maior e mais fácil disseminação da medicina baseada na evidência (Toker, Shvarts, Perry, Doron, & Reuveni, 2004).

2. Guias Clínicas

2.1. Introdução

Durante a última década muitos países começaram a demonstrar um crescente interesse no desenvolvimento e utilização de GCs, reconhecendo-as como ferramentas essenciais no melhoramento da qualidade dos cuidados de saúde.

Em 1977, o National Institute of Health, nos Estados Unidos iniciou um programa de desenvolvimento de GCs com base no consenso entre especialistas da área da saúde (Fink, Kosecoff, Chassin, & Brook, 1984). Este programa denominava-se Consensus Development Program e foi o primeiro programa do género a ser criado. Em 1980 foi a vez do Dutch Institute for Healthcare Improvement CBO, na Holanda, de iniciar o seu programa de desenvolvimento de GCs com base no consenso de especialistas, do qual resultou a primeira GC de transfusões sanguíneas, publicada em 1982. A Agency for Health Research and Quality (AHRQ) iniciou o seu programa de desenvolvimento de guias, desta vez baseado em evidências científicas, em 1989, prolongando-se até 1996 (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). A partir de 1996 a AHRQ começou a produzir estudos e relatórios que serviriam de base a outros programas de desenvolvimento de guias. Desde meados dos anos 1990, muitas organizações a nível global iniciaram programas de desenvolvimento de GCs (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008), como por exemplo a Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN), o National Institute for Clinical Excellence (NICE), o New Zealand Guidelines Group (NZGG), o Guidelines Advisory Committee (GAC) no Canadá, a Current Care/Duodecim - Finnish Medical Society, a National Federation of Cancer Centers (FNCLCC) em França, entre outras (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). Em Novembro de 2002 foi fundada a Guidelines International Network (G-I-N) (Ollenschlager, et al., 2004), uma iniciativa internacional que envolve organizações responsáveis pelo desenvolvimento de guias provenientes de todo o mundo, com o objectivo de disseminar o desenvolvimento de Guias Baseadas na Evidência. A G-I-N é constituída por cerca de 85 organizações, de 43 países. O Centro de Estudos de Medicina Baseada na Evidência (CEMBE) é a única organização portuguesa que figura entre os membros da G-I-N (G-I-N, 2011).

Inicialmente, as GCs baseavam-se no consenso de especialistas da área da saúde. Contudo, este processo possui as suas limitações, visto que inclui algumas mas não todas as

perspectivas, podendo levar a conclusões erradas. A opinião de especialistas nem sempre reflecte o estado actual do conhecimento. As organizações dedicadas ao desenvolvimento de guias reconheceram a necessidade de realizar uma análise sistemática da bibliografia existente, de modo a evitar conclusões tendenciosas. Actualmente é prática comum, no desenvolvimento de guias, a identificação e síntese das melhores evidências científicas disponíveis (Lohr, Eleazer, & Mauskopf, 1998). Para além desta mudança de paradigma na criação de guias, a ideia de que apenas os profissionais de saúde deveriam envolver-se na sua criação começou a ficar ultrapassada. O processo de desenvolvimento passou a englobar não só administradores, mas também pacientes, adquirindo um carácter multidisciplinar e focando-se nas questões relacionadas com a implementação de GCs.

Este capítulo começa por apresentar uma definição de GC. De seguida são referidos as suas características, objectivos e benefícios. Por fim, aborda-se a metodologia de desenvolvimento de GCs utilizada pela generalidade das organizações.

2.2. Definição

O termo GC é muitas vezes utilizado de forma alternada com protocolo. No entanto, as GCs distinguem-se dos protocolos, na medida em que estes são mais específicos e contêm critérios rígidos que definem as medidas para uma única condição clínica, as indicações que fornecem são obrigatórias. O conteúdo dos protocolos vai mais de encontro à gestão da prática clínica, apresentando normas de conduta ética dos profissionais de saúde em determinadas situações. Por seu lado, as GCs auxiliam a tomada de decisão sobre os cuidados de saúde apropriados para uma dada condição e visto que estes cuidados podem mudar com os avanços no conhecimento médico, as GCs apresentam um carácter mutável (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008).

As GCs são ferramentas de decisão, que permitem encurtar a distância entre a prática clínica real e a prática clínica óptima. Contudo, são também descritas como mecanismos de melhoria da qualidade dos cuidados de saúde e de redução de custos, recomendações que visam influenciar decisões em intervenções clínicas e processos de implementação da medicina baseada na evidência (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008).

Segundo o Institute of Medicine, nos Estados Unidos, as GCs são documentos desenvolvidos de forma sistemática para aconselhar os prestadores de cuidados e os pacientes

acerca dos cuidados de saúde apropriados em circunstâncias clínicas específicas (Mead, 2000). A definição do Dutch Institute for Healthcare Improvement CBO acrescenta à anterior que as GCs são baseadas nos resultados de investigação científica, seguida de discussão e expressão da opinião de especialistas, de forma a tornar a prática médica mais eficaz, eficiente e transparente (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). Por sua vez, o NZGG apresenta uma definição mais alargada de GC, encarando-a como um documento que fornece orientação em diferentes níveis de interacção.

Para além de uma definição alargada de GC, o NZGG define dois tipos diferentes de guia consoante o seu processo de desenvolvimento (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). Os diferentes tipos de guia definidos são:

- Guia Baseada em Consenso: é a forma mais comum de guias, resultante da concordância de opiniões entre especialistas;
- Guia Baseada na Evidência: trata-se de uma guia desenvolvida após a extracção e revisão de informação científica a partir da bibliografia, distinguindo o que é prova científica do que é opinião. Para além de aconselhar qual de dois tratamentos é o mais indicado, quantifica em termos absolutos os benefícios e malefícios que advêm da escolha de um ou outro.

As Guias Baseadas na Evidência são mais valiosas para os prestadores de cuidados de saúde e para os pacientes, pois as suas recomendações são baseadas em provas científicas e suportam decisões passíveis de produzir melhores resultados.

2.3. Características

A designação GC é frequentemente atribuída de forma errada a documentos como protocolos ou artigos de opinião. Contudo existe um conjunto de características que distinguem as GCs dos restantes documentos do género, e cuja presença é utilizada para avaliação da qualidade de uma guia (Rosenfeld & Shiffman, 2006). De seguida refere-se os elementos que caracterizam as guias e que são utilizados como parâmetros de qualidade:

- Definição clara do âmbito e objectivos da guia: trata-se da especificação dos objectivos gerais da guia, das questões clínicas que esta abrange e dos pacientes aos quais deve ser aplicada. Sem a definição dos objectivos e âmbito da guia é impossível avaliar a sua eficácia;

- Envolvimento de todas as partes interessadas e intervenientes: o grupo de desenvolvimento das guias é heterogéneo, reunindo indivíduos de todas as áreas profissionais relevantes, inclusive pacientes. A guia é criada especificamente para os utilizadores, de forma a responder a todas as suas necessidades;
- Rigor no desenvolvimento: a procura e selecção de evidências científicas são realizadas segundo métodos sistemáticos, e os métodos de formulação de recomendações são descritos de forma clara. Todas as recomendações são baseadas em provas científicas e consideram os benefícios, efeitos colaterais e riscos que podem provocar. A guia é revista por um grupo de especialistas, externo à organização que as desenvolve, antes da sua publicação e os procedimentos para a sua actualização são definidos previamente;
- Clareza na apresentação: as recomendações são específicas e não possuem ambiguidade e as diferentes opções são apresentadas de forma clara. As recomendações essenciais são facilmente identificáveis e a guia é suportada por ferramentas que viabilizam a sua aplicação;
- Aplicabilidade: as barreiras organizacionais à aplicação da guia são discutidas e são considerados os custos da sua implementação. Também são definidos critérios de auditoria e revisão;
- Independência editorial: as GCs, que forem financiadas por dinheiro externo, devem frisar que as suas recomendações são totalmente independentes da organização financiadora e, no caso de existirem conflitos de interesses da parte dos membros do grupo de desenvolvimento, estes devem ser esclarecidos e incluídos no documento da guia.

Como resultado da Conference on Guideline Standardization (COGS) (Shiffman, Shekelle, Overhage, Slutsky, Grimshaw, & Deshpande, 2003), realizada em 2002, surge a COGS Checklist. A COGS Checklist é uma ferramenta desenvolvida para identificar características que permitam verificar a qualidade de uma GC. As guias que satisfazem os padrões de qualidade definidos na COGS Checklist são incluídas na base de dados da National Guideline Clearinghouse (NGC), uma iniciativa da AHRQ. As características que permitem a inclusão de uma GC nesta base de dados, vão de encontro às referidas acima, acrescentando que o documento da guia deve estar disponível em língua inglesa e deve haver documentação disponível que ateste que a guia foi revista nos últimos 5 anos.

2.4. Objectivos das Guias Clínicas

As GCs são desenvolvidas com o objectivo de resumir e sintetizar o conhecimento e inovações na área da medicina. Desta forma, as GCs têm como função descrever os cuidados de saúde mais apropriados a uma situação clínica, com base nas melhores evidências científicas e no consenso de profissionais de saúde (Carnett, 1999).

Também são objectivos das GCs a redução das variações injustificadas na prática clínica, a promoção da medicina baseada na evidência e a satisfação da necessidade de transparência e responsabilização, de forma a melhorar a qualidade dos cuidados de saúde. As GCs devem servir de referência, de forma actuarem como ferramentas educacionais na área da saúde. Entre o conjunto de tarefas das GCs, encontra-se a promoção da utilização eficiente de recursos, a definição de mecanismos de avaliação da qualidade e auditoria, o destaque de vazios de conhecimento na bibliografia científica actual e a sugestão de campos de investigação futura (Miller & Kearney, 2004).

2.5. Benefícios e Limitações

2.5.1. Para os Profissionais de Saúde

O principal benefício das GCs para os profissionais de saúde é a melhoria da qualidade dos cuidados prestados (Woolf, Grol, Hutchinson, Eccles, & Grimshaw, 1999). É difícil para os profissionais de saúde ter tempo para procurar, recolher, avaliar e interpretar resultados de investigação, ao mesmo tempo que desenvolvem e aperfeiçoam a sua prática clínica. Como tal, as GCs funcionam como um veículo que faz chegar conhecimento actualizado aos profissionais de saúde, mantendo-os ao corrente de novos desenvolvimentos (Duff, Kitson, Seers, & Humphris, 1996).

No entanto, GCs fracas podem apresentar um impacto negativo, ao fornecerem indicações ineficazes ou prejudiciais (Woolf, Grol, Hutchinson, Eccles, & Grimshaw, 1999). Estas guias normalmente resultam de uma construção pobre e uma implementação inadequada. A concepção e utilização adequadas de GCs consomem recursos significativos, pelo que uma gestão ineficiente de todo o processo de desenvolvimento e implementação terá consequências económicas, que por sua vez afectarão o orçamento da organização responsável. A interpretação do conteúdo de

uma guia pode ser problemático, pois o significado exacto dos seus termos nem sempre está definido e as recomendações nem sempre se encontram bem articuladas.

As guias desempenham um papel importante no suporte à qualidade, à auditoria e à investigação, através de um conjunto de especificações e requisitos utilizados na avaliação dos cuidados de saúde (Woolf, Grol, Hutchinson, Eccles, & Grimshaw, 1999). Isto permite afirmar que as GCs possibilitam a medição dos cuidados de saúde, de forma a avaliar o seu grau de adequação.

Existe também o risco de as GCs levarem a uma prática médica inflexível. A liberdade da prática quotidiana de um profissional de saúde pode ficar restringida por uma confiança excessiva em guias com um carácter mais autoritário (Siriwardena, 1995). Pode haver uma pressão no sentido de moldar rigorosamente o comportamento dos profissionais de saúde à semelhança das directrizes das guias, suprimindo assim a liberdade clínica.

Através da observação é possível constatar que a maior parte das guias encontra-se escrita sob a forma de documentos longos em formato de texto. Estes documentos, por vezes são de difícil leitura, representando um obstáculo para os profissionais de saúde, dada a forma desestruturada como a informação é apresentada (Mancia, et al., 2007). O formato em papel também não favorece a consulta da guia no momento do acto clínico e torna difícil a integração e aplicação das guias no processo de consulta do paciente. Ao nível da manutenção, as operações de actualização e revisão são problemáticas, pois podem obrigar a reescrever documentos inteiros.

2.5.2. Para os Pacientes

As GCs, por vezes, são acompanhadas de versões para os pacientes, na forma de folhetos ou vídeos, que os informam sobre os serviços que devem esperar que os profissionais de saúde executem e sobre os benefícios e limitações das diferentes opções de tratamento. Este aspecto é extremamente positivo, pois o processo clínico torna-se mais transparente para os pacientes, e estes passam a ter um papel activo na tomada de decisão (Mead, 2000). Contudo, se as guias apresentarem falhas na concepção, fornecem informações desajustadas, o que pode dificultar a comunicação entre os pacientes e os profissionais de saúde (Woolf, Grol, Hutchinson, Eccles, & Grimshaw, 1999).

Por outro lado, as GCs podem beneficiar os pacientes através de intervenções na política de saúde pública, por exemplo, ao chamarem a atenção para populações carenciadas e problemas de saúde que normalmente são negligenciados. Deste modo, o sistema de saúde evolui no sentido

de disponibilizar novos e melhores serviços para os mais necessitados (Woolf, Grol, Hutchinson, Eccles, & Grimshaw, 1999).

2.5.3. Para as Organizações de Saúde

As GCs aumentam a eficiência e otimizam a relação benefício/custo da prática clínica (Duff, Kitson, Seers, & Humphris, 1996). A sua implementação ajuda a reduzir custos hospitalares, por exemplo, em relação a despesas com fármacos, cirurgias ou outros procedimentos, evitando o desperdício de recursos. Contudo, seguir guias com falhas pode comprometer a eficiência e resultar em intervenções financeiras dispendiosas. Todavia, publicitar a adesão a GCs tem o potencial de melhorar a imagem pública de hospitais, o que se traduz num maior apoio político da parte de órgãos oficiais.

2.6. Metodologia de Desenvolvimento

Cada um dos países membros da G-I-N possui a sua própria metodologia para o desenvolvimento de guias baseadas na evidência. No entanto, a maioria das metodologias de desenvolvimento rege-se por princípios semelhantes e não apresenta divergências significativas (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008; Rosenfeld & Shiffman, 2006). A Figura 1 representa o ciclo de vida geral de uma GC, desde a concepção até à implementação. De seguida apresenta-se os principais passos da metodologia de desenvolvimento de uma guia. Em seguida aborda-se cada uma das fases de desenvolvimento de guias.

2.6.1. Definição do Tema

Nesta fase propõe-se um tema para a guia, com base nos problemas que motivam o seu desenvolvimento (Rosenfeld & Shiffman, 2006). Os temas para o desenvolvimento de guias devem ser importantes e concretizáveis.

Os temas importantes apresentam um carácter multidisciplinar e estão relacionados com procedimentos clínicos muito utilizados e condições de saúde vinculadas a doenças e custos económicos. As GCs podem ser desenvolvidas para uma grande variedade de assuntos, incluindo condições de saúde (e.g., sinusite, dor de garganta, perda de audição, entre outras) e procedimentos clínicos (e.g., amigdalectomia, septoplastia, timpanoplastia, entre outros). Um

comité de direcção, que inclua representantes da organização responsável pelo desenvolvimento da guia e representantes das partes interessadas, deve identificar o tema da guia.

Os temas concretizáveis têm como base evidências científicas de qualidade, assentes em ensaios clínicos controlados. De preferência deve existir uma revisão sistemática sobre o tema, de forma a fornecer definições claras da condição de saúde ou procedimento em questão.

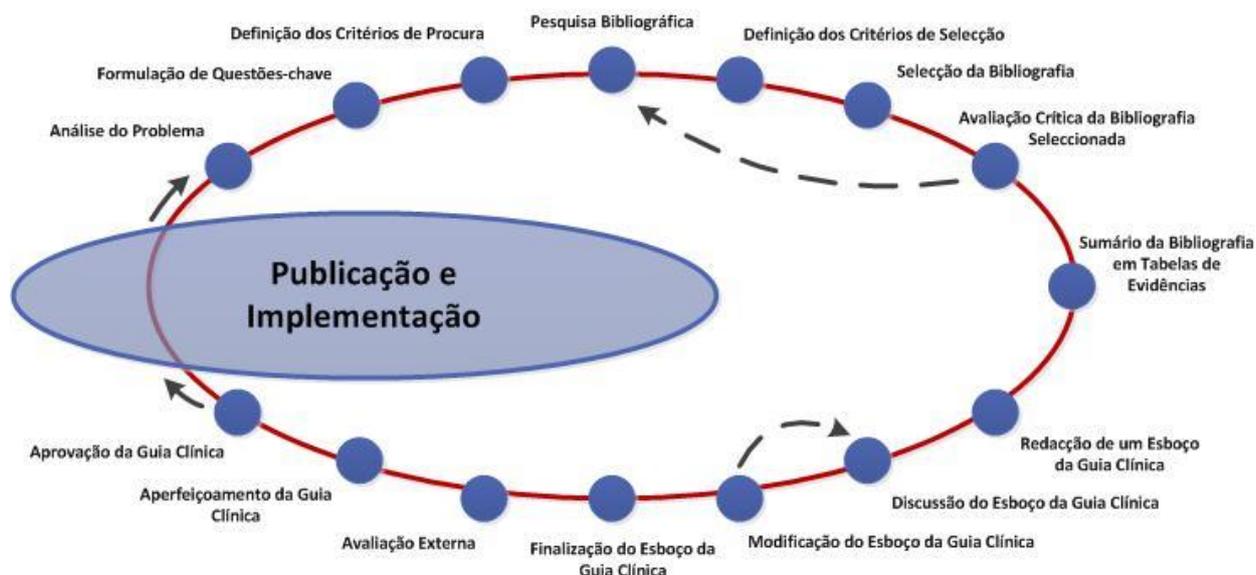


Figura 1 – Representação do ciclo de vida de uma GC (adaptado de (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008)).

2.6.2. Composição do Grupo de Desenvolvimento de Guias Clínicas

O processo de desenvolvimento de uma guia deve incluir a participação de representantes dos grupos e das disciplinas afectadas pela guia (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008; Rosenfeld & Shiffman, 2006). Com base nos resultados da fase anterior, constitui-se um grupo de trabalho com representantes das áreas englobadas pelo tema. As GCs devem ser desenvolvidas por médicos, em colaboração com os representantes daqueles que serão afectados pelas intervenções que nelas constam, incluindo pacientes, membros das administrações das organizações de saúde e outros profissionais de saúde. O estabelecimento de um grupo multidisciplinar de desenvolvimento de guias requer:

- Todos os grupos relevantes representados, de modo a fornecer o conhecimento e as capacidades necessários a todas as fases do processo clínico;
- Todas as evidências científicas localizadas e avaliadas de forma crítica;
- Os problemas da aplicação prática das guias identificados e tratados;
- A confirmação da credibilidade da guia pelas partes interessadas e a sua cooperação na implementação.

Os grupos de desenvolvimento de guias variam em tamanho, dependendo da área de abrangência do tema, mas geralmente apresentam entre 15 a 25 membros (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). Deve haver uma preocupação em incluir membros de uma área geográfica distribuída, com representantes dos diversos locais onde a guia será implementada.

2.6.3. Análise do Problema

Após a constituição do grupo de desenvolvimento deve discutir-se quais os assuntos, no âmbito do tema, que a guia deve abordar (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). Esta análise consiste num conjunto de entrevistas e questionários às partes interessadas e grupos de pacientes. Nesta fase de análise do problema é necessário procurar outras guias que possam existir acerca do tema em questão. A existência de outras guias com o mesmo tema não invalida a criação de uma nova, uma vez que as existentes podem encontrar-se desactualizadas. As guias encontradas podem servir como ponto de partida para a discussão em grupo, podendo encontrar-se vazios de conhecimento que devem ser corrigidos na guia em criação.

Desta fase deve resultar um conjunto de tópicos de carácter clínico e organizacional a abordar.

2.6.4. Formulação de Questões-chave

O grupo de desenvolvimento deve formular um conjunto de questões-chave estruturadas a partir dos tópicos obtidos na fase de análise do problema, que identificam de forma inequívoca a população em investigação (população alvo do diagnóstico ou intervenção), o tipo de controlo utilizado e as medidas utilizadas para avaliar a eficácia das intervenções (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008) (Rosenfeld & Shiffman, 2006). Estas questões serão os critérios utilizados na pesquisa bibliográfica.

2.6.5. Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica deve focar-se nas melhores evidências disponíveis para abordar cada uma das questões-chave e assegurar uma ampla cobertura de estudos, de preferência dos mais relevantes (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). Os tipos de estudos científicos incluídos nesta fase são os seguintes:

- Revisões sistemáticas;
- Ensaio clínico aleatório;
- Estudos observacionais;
- Estudos de diagnóstico;
- Estudos económicos;
- Estudos de qualidade;
- Guias Clínicas.

O grupo de desenvolvimento deve definir algumas restrições na procura inicial, como por exemplo se deve ou não privilegiar trabalhos publicados em detrimento de trabalhos não publicados ou data mínima para as publicações.

De modo a minimizar tendências e assegurar uma cobertura adequada da bibliografia relevante, a pesquisa bibliográfica deve incluir recursos de pesquisa diversificados, como bases de dados automáticas (e.g., MEDLINE), fontes bibliográficas (e.g., Science Citation Index) e artigos de conferências.

2.6.6. Avaliação Crítica da Bibliografia Seleccionada

Uma vez seleccionadas as potenciais fontes de evidência para o desenvolvimento de uma guia, avalia-se a metodologia utilizada em cada um, de forma a assegurar a sua validade (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). A avaliação da metodologia utilizada em estudos baseia-se num conjunto de questões que se focam nos aspectos de concepção do estudo, e que influenciam significativamente os resultados obtidos e respectivas conclusões. Estas questões variam de acordo com o tipo de estudo. É utilizado um conjunto de listas de verificação com as questões, de forma a conferir consistência a todo o processo.

Normalmente, após a avaliação da bibliografia seleccionada, o grupo de desenvolvimento aperfeiçoa os critérios de procura e procede a nova procura bibliográfica.

2.6.7. Resumo da Bibliografia em Tabelas de Evidências

As tabelas de evidências devem resumir todos os estudos identificados na procura bibliográfica e que foram considerados válidos na avaliação crítica, sendo apresentados num formato *standard* para facilitar a comparação de resultados entre estudos (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008; Rosenfeld & Shiffman, 2006). As tabelas apresentam as evidências que suportam cada um dos resultados dos estudos e são um componente essencial no registo de desenvolvimento de guias, assegurando que a base das recomendações do grupo de desenvolvimento é transparente.

2.6.8. Redacção de um Esboço da Guia Clínica

Nesta fase, o grupo de desenvolvimento deve redigir um esboço da guia (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008) (Rosenfeld & Shiffman, 2006). Tipicamente o formato de uma guia inclui os seguintes elementos:

- Questões-chave às quais a guia deve responder;
- Tabelas de evidências utilizadas no desenvolvimento;
- Conclusões, incluindo a qualidade das evidências;
- Relevância clínica da guia;
- Perspectiva do paciente em relação à guia;
- Consequências da sua implementação ao nível das organizações de saúde;
- Recomendações;
- Referências.

2.6.9. Classificação das Evidências

A *qualidade* de uma guia depende da qualidade das evidências e opiniões que lhe servem de base. Nem todas as evidências que são utilizadas numa guia apresentam a mesma solidez e qualidade (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008) (Rosenfeld & Shiffman, 2006). Para haver transparência na criação de guias, as evidências são classificadas. Desde os anos 1970, foram empregues vários sistemas de classificação da qualidade das evidências e da fiabilidade das recomendações, por diversas organizações. Não existe um sistema unificado, o que leva a que

organizações diferentes utilizem diferentes sistemas para classificar a qualidade das evidências e a fiabilidade das recomendações.

No ano 2000, iniciou-se uma colaboração informal de indivíduos com interesse em abordar as limitações existentes dos sistemas de classificação da altura. Este projecto denomina-se Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) (Guyatt, et al., 2011) e o seu objectivo é o desenvolvimento de uma abordagem à classificação da qualidade das evidências, que seja sensível e comum a todas as organizações. Para alcançar transparência e simplicidade, o sistema GRADE propõe quatro níveis de classificação da qualidade das evidências: *high*, *moderate*, *low* e *very low*. Algumas das organizações que utilizam o sistema GRADE optaram por combinar os níveis *low* e *very low*, num só. Evidências baseadas em estudos aleatórios controlados começam o processo de classificação com o nível de qualidade *high*, contudo a confiança na evidência pode baixar devido a diferentes motivos, como por exemplo:

- Limitações do estudo;
- Inconsistência dos resultados;
- Falta de precisão;
- Parcialidade do estudo.

Os estudos observacionais (e.g., estudos de caso controlo) iniciam o processo de classificação no nível *low*, podendo subir caso a magnitude do efeito do tratamento seja muito elevada ou existam indícios de uma forte correlação entre a dose administrada e resposta ao tratamento.

A classificação das recomendações da guia resulta de um conjunto de factores como o nível de qualidade das evidências, certeza no balanço entre efeitos desejáveis e indesejáveis, certeza da utilização eficiente dos recursos, entre outros.

O sistema GRADE tem sido implementado por diversas organizações, apesar de ainda se encontrar em desenvolvimento.

2.6.10. Outras Considerações

É raro as evidências mostrarem de forma clara e objectiva quais as acções que devem ser recomendadas para todas as situações. Consequentemente, nem sempre é claro para os indivíduos que não estiveram envolvidos no processo de desenvolvimento da guia, como foram alcançadas as recomendações. De forma a resolver este problema, o grupo de desenvolvimento

elabora um resumo sobre a sua perspectiva em relação às evidências e como estas originaram as recomendações da guia (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008). Isto pode levar a constantes modificações no esboço da guia, até chegar a um esboço final.

2.6.11. Avaliação Externa

O esboço da guia deve ser avaliado por entidades independentes da organização responsável pelo seu desenvolvimento (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008; Rosenfeld & Shiffman, 2006). Estas avaliações externas podem ser realizadas através de conferências nacionais e internacionais e associações médicas.

As revisões ocorrem durante o processo de desenvolvimento da guia e proporcionam ao grupo de desenvolvimento a oportunidade de apresentar as suas conclusões preliminares e esboço da guia a uma audiência mais vasta. Deste modo, o grupo de desenvolvimento obtém um parecer do seu trabalho, na forma de sugestões sobre novas evidências a acrescentar à guia ou interpretações alternativas das evidências apresentadas. O facto de entidades de uma área geográfica mais alargada reverem a guia, contribui para uma maior aceitação e disseminação da mesma.

2.6.12. Aprovação e Publicação da Guia Clínica

Após a fase de avaliação externa, a guia está finalizada. A versão final da guia é enviada a todas as sociedades científicas que participaram no seu desenvolvimento para aprovação oficial (Rosenbrand, Croonenborg, & Wittenberg, 2008; Rosenfeld & Shiffman, 2006).

Por fim, a guia é publicada. Normalmente utiliza-se o formato de documento eletrónico, disponibilizado no sítio *web* da organização responsável pelo desenvolvimento da guia.

2.7. Living Guidelines

O cenário actual de desenvolvimento, disseminação e implementação de GCs depara-se com o problema da sua desactualização. A maioria das guias é actualizada apenas uma vez a cada 5 anos, o que contrasta com a rapidez do crescimento do conhecimento científico. Neste momento, as GCs são documentos estáticos, cuja modificação é difícil. Este problema coloca um novo desafio

à comunidade científica. Da necessidade de resposta a este desafio, surgiu o conceito de *living guideline* (Kaiser & Miksch, 2009; Seyfang, et al., 2007).

Living guidelines são GCs que são actualizadas de forma contínua, mais flexíveis e com maior adaptabilidade. São guias que fornecem conhecimento actualizado aos profissionais de saúde. Para tornar isto possível, as guias devem apresentar uma estrutura modular, para que apenas uma parte da guia possa ser ajustada, evitando a revisão de todo o documento. O processo de desenvolvimento também deve ser alvo de alterações, pois algumas das guias são criadas numa narrativa desestruturada. A utilização de apoio informático pode trazer benefícios ao processo de desenvolvimento, visto que as ferramentas informáticas dependem de representações formais e estruturadas e podem ser utilizadas para responder aos desafios colocados em todas as fases do ciclo de vida de uma guia. Em certos casos, as GCs podem ter múltiplas interpretações, dado o seu elevado grau de complexidade. Consequentemente, podem apresentar um carácter ambíguo, incompleto e inconsistente. Para corrigir este problema, é necessário um modelo de representação de GCs, que capte todas as necessidades de informação da guia e ao mesmo tempo permita a sua modelação de uma forma estruturada.

3. Guias Interpretáveis por Computador

3.1. Introdução

Como resposta aos desafios colocados pelo formato em papel de GCs surgiram as CIGs (Kaiser & Miksch, 2009; Sonnenberg & Hagerty, 2006). As CIGs são representações em formato informático de GCs, que são integradas em sistemas informáticos de apoio à decisão e visam facilitar a implementação de guias na prática clínica diária, uma vez que se apresentam disponíveis no momento do acto clínico. A implementação de guias em sistemas de apoio à decisão pode levar a uma melhoria da aceitação e aplicação de guias na prática diária, pois estes sistemas são capazes de monitorizar as acções e observações dos profissionais de saúde.

O capítulo começa por referir os obstáculos à implementação de CIGs e em seguida aponta os principais benefícios da sua utilização. Depois resume os principais aspectos do desenvolvimento de CIGs. De seguida aborda-se as principais abordagens neste domínio. Por fim realiza-se uma reflexão acerca dos modelos de representação das diferentes abordagens.

3.2. Obstáculos à Implementação de CIGs

O desenvolvimento de SADCs com base em formatos informáticos de guias tem sido proposto como estratégia de promoção da implementação de GCs. Contudo, existem alguns obstáculos à implementação de sistemas informáticos baseados em guias.

A conversão de GCs em algoritmos informáticos a partir das suas versões em texto não é uma tarefa fácil, pois estas versões não foram originalmente concebidas para serem interpretáveis por computadores e em alguns casos contêm instruções complexas, que manipulam demasiadas variáveis e que dificilmente se traduziriam em algoritmos eficientes (Chim, Cheung, Fung, & Wong, 2003; Tierney, et al., 1995).

Por vezes, o vocabulário utilizado nos documentos possui palavras evasivas para quantificar medidas, em lugar de limites numéricos, e os critérios nos pontos de decisão nem sempre são explícitos e indicam o que fazer. A falta de precisão dos conceitos dá lugar a ambiguidade e vazios de conhecimento, com os quais os computadores não conseguem lidar

(Chim, Cheung, Fung, & Wong, 2003; Tierney, et al., 1995). Quanto maior a simplicidade e assertividade de uma guia, mais fácil será a sua adaptação ao formato de CIGs.

A integração de sistemas baseados em guias com Registos de Saúde Electrónicos (RSEs) também é uma tarefa complexa, pois cada RSE possui a sua própria forma de organização da informação, que raramente coincide com a forma como a guia organiza a informação (Peleg, Keren, & Denekamp, Mapping computerized clinical guidelines to electronic medical records: Knowledge-data ontological mapper (KDOM), 2008). O RSE pode ter uma orientação:

- Cronológica: os dados clínicos do paciente e as observações são registados de forma cronológica;
- Por origem: os dados clínicos são orientados consoante a sua origem, ou seja a proveniência da informação determina a sua catalogação e conseqüente registo;
- Orientação por problema: organização da informação por problema de saúde;

Deve haver um mapeamento dos conceitos do registo clínico para os conceitos da CIG, o que implica uma grande capacidade de adaptação do formato informático de guias que se pretende utilizar.

3.3. Benefícios da Implementação de CIGs

Uma possível solução para os problemas acima mencionados é o desenvolvimento de um modelo *standard* de representação de GCs. Um modelo formal para representação de guias fornece um conhecimento aprofundado dos processos clínicos que constam em GCs. A utilização de CIGs traz benefícios (Elkin, et al., 2000), tais como:

- Um modelo de representação de guias pode ser utilizado para identificar os diferentes requisitos que se devem verificar para que possa haver uma decisão, auxiliando os profissionais de saúde neste momento crítico do processo clínico;
- As CIGs trazem também benefícios ao nível da verificação e validação de GCs, uma vez que possibilitam o desenvolvimento de mecanismos automáticos para realizar estas tarefas;
- A aplicação de um modelo formal de representação ajuda a assegurar a validade sintáctica, lógica e clínica de uma guia;
- A reutilização do conhecimento também é uma mais-valia das CIGs. Se o modelo utilizado organizar uma GC em módulos, cada um contendo fragmentos de conhecimento, torna-

se fácil incluir estes fragmentos de conhecimento em outras guias e até referenciar uma guia mais específica no contexto de uma guia com maior abrangência;

- A disseminação de guias também fica facilitada com um formato informático, assim como a sua actualização e modificação, através de mecanismos automáticos que realizam este tipo de operações.

3.4. Principais Aspectos do Desenvolvimento de CIGs

Identificaram-se quatro áreas de grande importância na concepção de sistemas informáticos de apoio à decisão baseados em guias (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004), que devem ser consideradas no desenvolvimento do modelo de CIGs a utilizar. As áreas a considerar são as seguintes:

- Modelação e representação de guias;
- Aquisição de guias;
- Verificação e teste de guias;
- Execução de guias.

Cada uma destas áreas possui um conjunto de aspectos que servem de parâmetros de análise das diferentes abordagens à modelação de CIGs. De seguida abordar-se-á cada um destes aspectos.

3.4.1. Modelação e Representação de Guias Clínicas

O modelo é a característica central de cada abordagem (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004; Peleg, et al., 2003). A questão de como representar uma guia é crucial no desenvolvimento de um modelo de CIGs, o qual deve fornecer uma compreensão aprofundada dos procedimentos clínicos que constam numa guia, uma descrição precisa e inequívoca da guia e meios para que *parsers* a possam analisar, possibilitando a sua execução por motores de execução automáticos. Para alcançar estes objectivos, há um conjunto de aspectos que devem ser abordados, os quais são referidos em seguida:

- Primitivas: são unidades de construção que são utilizadas para montar uma guia (e.g., tarefas, regras, nodos, entre outros). A maioria das abordagens modela as guias segundo

um Task Network Model (TNM), modelação hierárquica do fluxo de trabalho segundo uma rede de tarefas, podendo adquirir diferentes formas, nomeadamente a de fluxograma. Os TNMs normalmente baseiam-se num conjunto de tarefas genéricas, tais como decisões e acções;

- Complexidade: a representação deve ser capaz de representar diferentes tipos de guias que possam diferir entre si em termos de complexidade e níveis de abstracção, ic por exemplo, através da nidificação de guias ou decomposição das mesmas em módulos;
- Tipos de conhecimento: as guias possuem diferentes tipos de conhecimento, nomeadamente o conhecimento declarativo (e.g., o conhecimento específico do domínio) e o conhecimento processual (e.g., o método de inferência ou o método de apoio à decisão). O modelo deve apresentar expressividade suficiente para suportar estes tipos de conhecimento, de forma que as guias possam ser utilizadas em múltiplos domínios clínicos.
- Linguagem: a representação deve ser suportada por uma linguagem formal (vocabulário, sintaxe e semântica). A linguagem deve ser compacta e objectiva, de forma a possibilitar a motores de execução automáticos a execução atempada da guia no momento do processo clínico.
- Adaptação local: é importante que o modelo seja suficientemente genérico, que permita a partilha de guias entre diferentes instituições. Para o efeito, é necessária a existência de mecanismos de actualização de guias que disseminem as alterações até às suas adaptações locais.

3.4.2. Aquisição de Guias Clínicas

O processo de aquisição do conhecimento contido em GCs é fundamental no desenvolvimento de CIGs (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004). Este processo deve basear-se no modelo de representação adoptado e deve ser auxiliado por ferramentas informáticas de aquisição de conhecimento. Estas ferramentas auxiliam os especialistas do domínio de conhecimento da guia a formularem e estruturarem o conhecimento segundo o modelo subjacente. Os mecanismos de actualização necessários para a criação de novas versões de guias também são da competência das ferramentas de aquisição.

3.4.3. Verificação de Guias Clínicas

A precisão, a correcção sintáctica e a correcção semântica de uma CIG são de extrema importância na sua aceitação pelos profissionais de saúde e na sua integração na prática clínica (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004). Por conseguinte, é necessário realizar testes de verificação com o objectivo de assegurar a integridade de uma guia.

Estes testes garantem que não existem incorrecções numa guia, socorrendo-se para o efeito a ambientes de simulação, nos quais a guia é aplicada a diferentes casos clínicos, fornecidos por registos existentes de pacientes.

3.4.4. Execução de Guias Clínicas

A criação de SADCs, baseados em guias, assenta na premissa de que estas são codificadas num formato interpretável por *parsers*, integrados em motores de execução automáticos (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004; Isern & Moreno, 2008).

O tempo de execução de uma guia deve ser tão reduzido quanto possível, de forma a responder às necessidades dos profissionais de saúde, no momento do acto clínico. A arquitectura do motor de execução não deve depender do sistema e da aplicação utilizados, pois isso impossibilitaria a sua utilização em diferentes domínios clínicos.

3.5. Abordagens à Modelação de CIGs

Pode considerar-se que a primeira abordagem à modelação de CIGs, embora rudimentar, foi a implementada no sistema HELP (Gardner, Pryor, & Warner, 1999). Este sistema foi desenvolvido no LDS Hospital, na cidade de Salt Lake, nos Estados Unidos. O sistema tornou-se operacional em 1967, mantendo-se até aos dias de hoje. A componente de CIGs do sistema consistia num conjunto de módulos, denominados *help sectors*, que continham o conhecimento clínico na forma de regras lógicas. Deste então, o desenvolvimento de abordagens de CIGs proliferou, sendo predominante nas duas últimas décadas, como é possível observar na Figura 2. Contudo, nenhuma das abordagens desenvolvidas se afirmou como um *standard* a utilizar em SADCs.

De seguida serão discutidas diferentes abordagens à modelação de CIGs, dando especial atenção ao modelo de representação de cada uma, visto ser este o aspecto que influencia todos os outros acima mencionados e que faz parte dos objectivos da presente dissertação. A selecção

das abordagens seguiu dois critérios: consenso dos autores sobre quais as mais relevantes e a disponibilidade de literatura sobre as abordagens. As abordagens seleccionadas foram: Arden Syntax (Clayton, Pryor, Wigertz, & Hripcsak, 1989), Guideline Interchange Format (GLIF) (Peleg, Boxwala, Bernstam, Tu, Greenes, & Shortliffe, 2001), PROforma (Fox, Johns, & Rahmzadeh, 1998), Asbru (Miksch, Shahar, & Johnson, Asbru: A task-specific, intention-based, and time-oriented language for representing skeletal plans, 1997), EON (Musen, Tu, Das, & Shahar, 1996) e Standards-Based Sharable Active Guideline (SAGE) (Tu, et al., 2007).

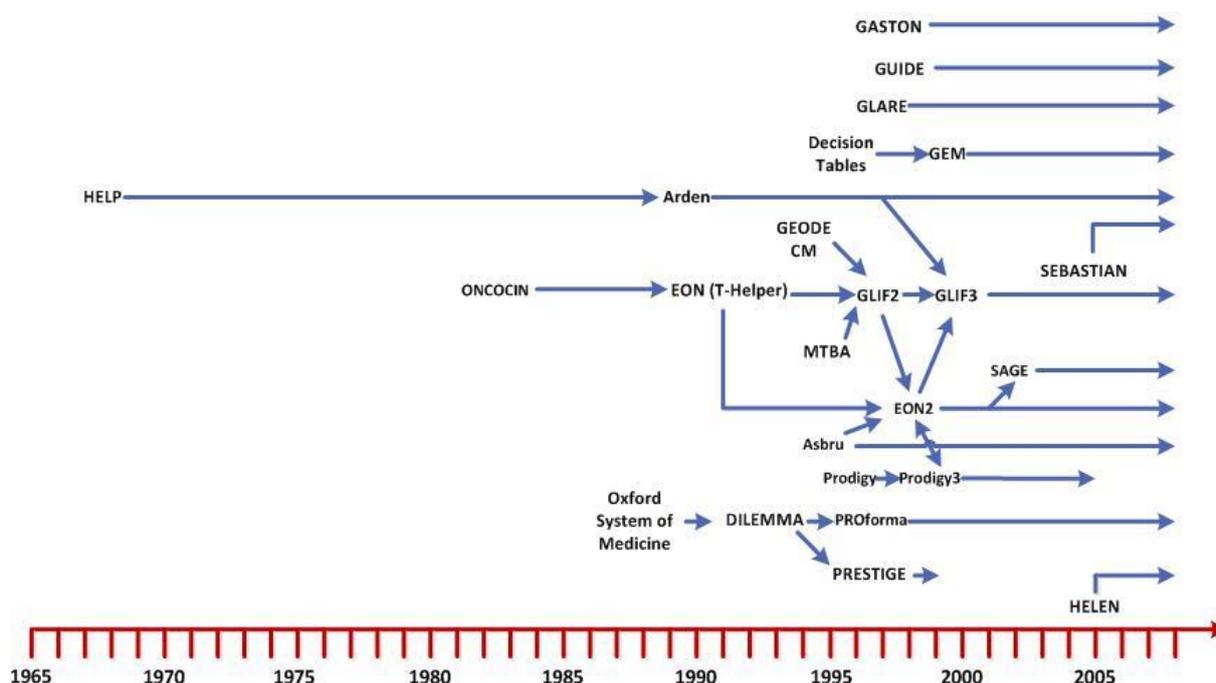


Figura 2 – Representação das diferentes abordagens à modelação de CIGs, posicionadas sobre um eixo temporal de acordo com a altura em que se iniciou o seu desenvolvimento. Uma seta entre duas abordagens significa que a abordagem antecedente influenciou a abordagem consequente (adaptado de (Elkin, et al., 2000)).

3.5.1. Arden Syntax

3.5.1.1. Introdução

Um dos formalismos mais conhecidos na representação de CIGs e suporte à decisão é Arden Syntax, baseado no sistema HELP. Este formalismo foi desenvolvido em 1989, e o seu nome resulta de uma conferência que reuniu instituições de saúde e académicos, com o objectivo de criar um modelo que permitisse a partilha de guias entre diferentes instituições, com diferentes

sistemas de informação (Clayton, Pryor, Wigertz, & Hripcsak, 1989). Arden Syntax foi reconhecido como um *standard* em 1992 pela American Society for Testing and Materials (ASTM) (Hripcsak, Ludemann, Pryor, Wigertz, & Clayton, 1994). Actualmente a versão de Arden Syntax em desenvolvimento é 3.0 e trata-se de um formalismo publicado pelo grupo Health Level Seven (HL7) (HL7, 2011). Esta abordagem foca-se na partilha de guias simples e independentes sob a forma de módulos. Não é um formato apropriado para guias complexas, sendo utilizado para representar regras simples.

3.5.1.2. Modelação e Representação de Guias

Em Arden Syntax, cada guia é modelada como um Medical Logic Module (MLM) que toma uma única decisão. Cada MLM é um ficheiro ASCII, que contém componentes agrupados em três categorias: *maintenance*, *library* e *knowledge* (Hripcsak G. , 1994).

Os compartimentos *maintenance* e *library* contêm informações descritivas acerca da guia (e.g. título, versão, palavras-chave), que são necessárias para a sua partilha. Como se pode verificar na Figura 3, um dos componentes da categoria *maintenance* é *title*, contudo existem outros, como *(file)name*, *author*, *version*, *institution*, *date of last modification* e *validation status* (Hripcsak G. , 1994). Em *validation status* especifica-se se a guia foi aprovada numa dada instituição local, através dos seguintes valores: *testing* (em fase de testes), *research* (aprovada para investigação clínica), *production* (aprovada para a prática clínica) e *expired* (já não se encontra em utilização) (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004). Quando uma instituição recebe um dado MLM, o seu *validation status* está no valor *testing*. A passagem de *testing* para *production* implica uma transferência de responsabilidade da instituição que desenvolveu o MLM para a instituição local de acolhimento. O compartimento *library* é utilizado para uma descrição mais detalhada da guia, como se pode verificar pelo atributo *purpose*, que descreve o objectivo do MLM.

O conhecimento médico é armazenado na categoria *knowledge*, através dos seus componentes: *type*, *data*, *evoke*, *logic* e *action* (Hripcsak G. , 1994). Os componentes *data*, *evoke*, *logic* e *action* assumem um papel preponderante nesta categoria. O componente *data* é utilizado para obter os valores dos conceitos referidos no MLM, a partir do sistema de informação da instituição, como se pode observar na Figura 3 em que, por exemplo, se especifica que o valor do hematócrito (percentagem de glóbulos vermelhos no sangue) é o verificado na última contagem que consta no RSE do paciente (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004). Por sua vez, o componente *evoke* especifica os eventos que despoletam a execução do MLM. No exemplo em

análise, *evoke* apresenta o valor *blood_count_storage*, o que significa que a cada actualização dos resultados das análises sanguíneas na base de dados, o MLM será executado (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004). O compartimento *logic* contém critérios de decisão, que podem levar a uma determinada acção sob a forma de regras de produção, em conjunção com operadores lógicos (e.g., *or*, *and*), operadores de listas (e.g., *merge*, *sort*), operadores de cálculo (e.g., *sum*, *average*), e operadores temporais (e.g., *before*, *after*, *ago*). Os operadores lógicos podem apresentar três valores possíveis: *true*, *false* e *null* (Hripcsak G. , 1994). O valor *null* é encarado como desconhecido. Quando uma regra é avaliada em *true* realiza-se uma determinada acção especificada no compartimento *action*. Se as regras forem avaliadas em *false* ou *null*, a execução do MLM é abortada. As acções que constam no componente *action* podem incluir o envio de mensagens aos prestadores de cuidados de saúde (como no caso dos sistemas de alerta) ou invocação de outros MLMs, possível através da declaração *call*. Apesar de ser possível a invocação de um MLM por outro, a Arden Syntax não apresenta uma estrutura que permita controlar este processo.

Em termos de linguagem, Arden Syntax é definida em Backus-Naur Form (BNF), uma técnica de notação utilizada para descrever a sintaxe de linguagens utilizadas em computação. Os MLMs são baseados em texto, apresentando sempre o formato representado na Figura 3, em que os critérios de decisão são expressos em regras de produção textuais (Teije, Miksch, & Lucas, 2008).

```

maintenance:
  title: Alert on low hematocrit;;
library:
  purpose: Warn provider of new or worsening anemia.;;
knowledge:
  type: data-driven;;
  data:
    blood_count_storage := event {'complete blood count'};
    hematocrit := read last {'hematocrit'};
    previous_hct := read last ({'hematocrit'} where it occurred before
                             the time of hematocrit);;
  evoke: blood_count_storage;;
  logic:
    if hematocrit is not number then conclude false; endif;
    if hematocrit <= previous_hct-5 or hematocrit<30 then conclude true;
    endif;;
  action:
    write " The patient's hematocrit ("|| hematocrit ||") is low or
          falling rapidly.;;";
end:

```

Figura 3 – Exemplo de um MLM (reproduzido de (Teije, Miksch, & Lucas, 2008)).

3.5.1.3. Aquisição e Verificação de Guias

Existem várias ferramentas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de MLMs. Entre elas existem editores de texto com verificação de sintaxe nos quais são introduzidos os MLMs como texto livre, assim como ferramentas que utilizam vocabulários controlados (Jenders & Dasgupta, 1996).

A versão 3.0 de Arden Syntax que se encontra actualmente em desenvolvimento pelo grupo HL7 é baseada em Extensible Markup Language (XML). Esta nova sintaxe denomina-se ArdenML (Arden Syntax Markup Language) (Kim, Haug, Rocha, & Choi, 2008) e estão a desenvolver-se esforços no sentido de criar ferramentas de aquisição de MLMs em ArdenML e ferramentas de conversão de MLMs no seu formato original para ArdenML, ao mesmo tempo que se realiza a verificação da sua integridade e validade.

3.5.1.4. Execução de Guias

De forma a executar os MLMs, é necessário efectuar a sua conversão para um formato que seja reconhecido por um motor de execução de guias. Existe um grande número de aplicações que foram desenvolvidas utilizando pseudocódigo (Ma, 1995), C++ (Kuhn & Reider, 1994), MUMPS (McCauley, Young, Clark, & Peters, 1996) e JAVA (Karadimas, Chailloleau, Hemery, Simonnet, & Lepage, 2002). Contudo, compilar Arden Syntax para um formato intermédio e posteriormente para um formato executável é uma tarefa difícil, pois é necessária a utilização de compiladores específicos para instituições que utilizem sistemas de informação em linguagens de programação diferentes (Kim, Haug, Rocha, & Choi, 2008).

3.5.2. Guideline Interchange Format (GLIF)

3.5.2.1. Introdução

GLIF (Ohno-Machado, et al., 1998) representa um esforço da organização Intermed Collaboratory (uma colaboração das Universidades de Harvard, Stanford e Columbia) no desenvolvimento de uma representação partilhável de CIGs, cuja primeira publicação data de 1998. Recebeu influências de outras abordagens existentes, como Arden Syntax (Clayton, Pryor, Wigertz, & Hripcsak, 1989), GEODE CM (Stoufflet, Ohno-Machado, Deibel, Lee, & Greenes, 1996), MBTA (Barnes & Barnett, 1995) e EON (Musen, Tu, Das, & Shahar, 1996).

Esta abordagem foi desenvolvida de forma a reflectir um fluxograma de passos estruturados e agendados, que representassem decisões e acções clínicas. As primeiras iterações de GLIF careciam de uma especificação formal dos passos de uma guia e de um mapeamento dos dados da guia para o registo de saúde electrónico. O principal objectivo é a partilha de guias e por isso estas são modeladas de forma a serem perceptíveis tanto por especialistas do domínio clínico como por *parsers* automáticos utilizados em diferentes sistemas de apoio à decisão.

As primeiras versões de GLIF permitiam a representação de guias mais complexas do que Arden Syntax. No entanto apresentavam também algumas limitações, tais como:

- Na primeira versão, atributos importantes do modelo eram representados como *strings* de texto;
- O número de construtores em GLIF2 era considerado muito limitado e não abrangia aspectos como: decisões alternativas, iterações e estados do paciente;
- Em GLIF e GLIF2 não existiam construtores que permitiam o mapeamento dos elementos do RSE do paciente para os elementos da guia.

Estas falhas foram corrigidas numa versão posterior, denominada GLIF3 (Peleg, et al., 2000), que é a versão de GLIF que se irá abordar.

3.5.2.2. Modelação e Representação de Guias

O modelo GLIF3 é orientado aos objectos e consiste num conjunto de classes que descrevem características típicas de uma guia (por exemplo decisões ou acções), atributos dessas classes e tipos para os valores dos atributos. Em GLIF3 todas as classes e atributos são descritos através de diagramas de Unified Modeling Language (UML) (Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 1999).

Uma guia, em GLIF3, é um objecto, que pode conter *sub-guias*. Este objecto possui um conjunto de atributos administrativos, como nome e autor, mas também atributos que descrevem os *objectivos* da guia.

Este modelo consiste num conjunto de passos, que estão ligados num fluxograma. GLIF3 define cinco tipos de passos: *decision steps*, *patient state steps*, *branch steps*, *synchronization steps* e *action steps* (Figura 4). Cada guia em GLIF consiste num conjunto de pontos, que representam cada um dos cinco tipos de passos, ligados entre si num fluxograma. Desta forma GLIF alcança um dos seus principais objectivos, que se trata de conseguir uma maior facilidade na interpretação de guias pelos indivíduos.

Decision steps modelam pontos de decisão numa guia, direccionando o fluxo de trabalho de um passo para passos alternativos. Dentro de uma *decision* existem duas subclasses: *case step* e *choice step*. Em *case step* existe um conjunto de expressões lógicas que direccionam o fluxo de trabalho para um dos passos alternativos. As expressões lógicas correspondem a um excerto de Arden Syntax, que assume a designação *Guideline Expression Language* (GEL) (Peleg, et al., 2001). Um *choice step* aplica-se em situações em que a guia sugere múltiplas alternativas, mas deixa a escolha a cargo de um agente externo, no caso o utilizador.

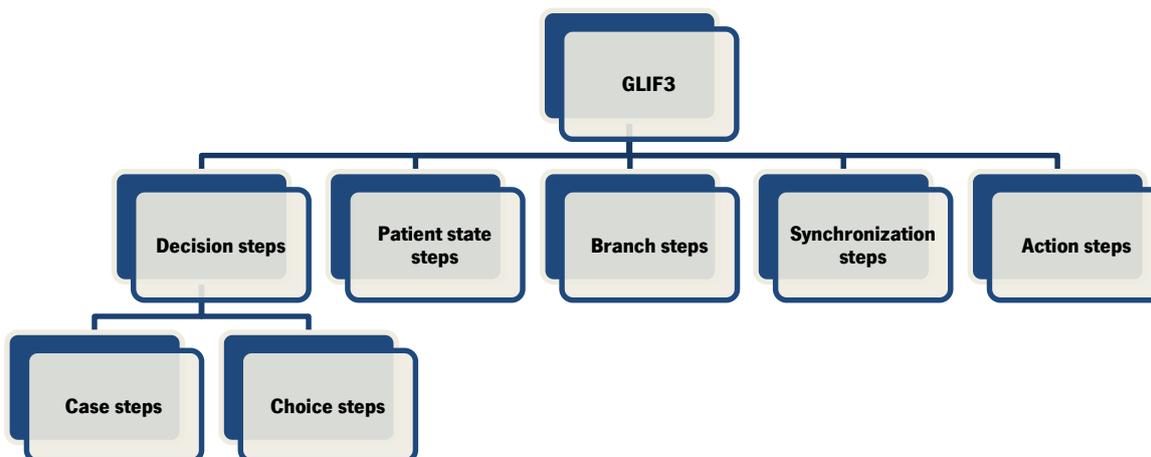


Figura 4 – Representação esquemática dos tipos de passos do modelo GLIF3.

Patient state steps funcionam como etiquetas que contêm atributos utilizados para descrever o estado do paciente. Este tipo de passo pode ser utilizado como ponto de entrada de dados no sistema. Quando o estado do paciente é actualizado, a guia que possui o *patient state* correspondente é executada.

Os *branch steps* modelam um conjunto de passos concorrentes, direccionando o fluxo de trabalho para passos paralelos. São utilizados juntamente com *synchronization steps*. Os passos paralelos, que se seguem a *um branch step*, convergem para um passo comum através de um *synchronization step*. Quando uma das ramificações chega a um passo de sincronização, existe um atributo de continuação, que faz a verificação se os passos dos ramos paralelos já foram cumpridos, para assim proceder-se ao próximo passo. O atributo de continuação é expresso como uma expressão lógica.

Os *action steps* modelam tarefas que devem ser realizadas. São definidos três tipos de tarefas: acções médicas, acções orientadas a actividades (como por exemplo envio de mensagens

ou obtenção de dados do paciente) e acções de controlo (invocação de estruturas como *sub-guias* ou *macros* que permitem recursividade).

Para que as guias sejam partilháveis por diferentes instituições, GLIF3 recorre à utilização de *standards* para a estruturação da informação. GLIF3 define três camadas de informação:

- A camada nuclear: onde são definidas as variáveis e as relações existentes entre elas;
- A camada do Reference Information Model (RIM) (Schadow, Russler, Mead, & McDonald, 2000): onde é utilizado o *standard* HL7 para a estruturação da informação e definição da sintaxe das comunicações;
- A camada de conhecimento médico: que especifica os métodos necessários para realizar a interface com várias fontes de conhecimento médico e sistemas de informação, como por exemplo terminologias como Unified Medical Language System (UMLS) (Lindberg, 1990) ou sistemas de informação clínicos das instituições locais.

A partir da versão GLIF3, GLIF é expresso através de XML.

A linguagem GELLO (Sordo, Ogunyemi, Boxwala, & Greenes, 2003) também pode ser utilizada para especificar critérios de decisão no modelo GLIF, com a vantagem, em relação à linguagem GEL, de permitir a referência às variáveis da camada de informação central.

De modo a que as guias sejam perceptíveis por pessoas, interpretáveis por computadores e adaptáveis a diferentes instituições locais, GLIF3 define três níveis de abstracção: o nível conceptual, o nível computacional e o nível de implementação. O nível mais abstracto é o nível conceptual, no qual é representado o fluxograma da guia, que pode ser visualizado pelas pessoas, mas não pode ser interpretado pelos sistemas de apoio à decisão. O nível conceptual pode ser visualizado na Figura 5. As especificações e verificações que tornam a guia interpretável por uma máquina encontram-se no nível computacional. Por fim, o nível de implementação contém as especificações necessárias para adaptações do modelo GLIF3 aos sistemas de informação de instituições locais.

3.5.2.3. Aquisição e Verificação de Guias

Protégé (Grosso, Eriksson, Ferguson, Gennari, Tu, & Musen, 1999) e GEODE (Greenes, Boxwala, Sloan, Ohno-Machado, & Deibel, 1999) são utilizados como ferramentas de aquisição de conhecimento em GLIF3. Ambas as ferramentas implementam uma aquisição baseada em fluxogramas.

3.5.2.4. Execução de Guias

O motor de execução da versão 2 de GLIF denominava-se Partners Computerized Algorithm Processor and Editor (PCAPE) *tool* (Zielstorff, et al., 1998).

Contudo com o desenvolvimento de GLIF3 encontram-se também em desenvolvimento novos motores de execução, como é o caso do Guideline Execution Engine (GLEE) (Wang, et al., Design and implementation of the GLIF3 guideline execution engine, 2004). Este novo motor de execução permite uma melhor integração com os sistemas de informação clínicos.

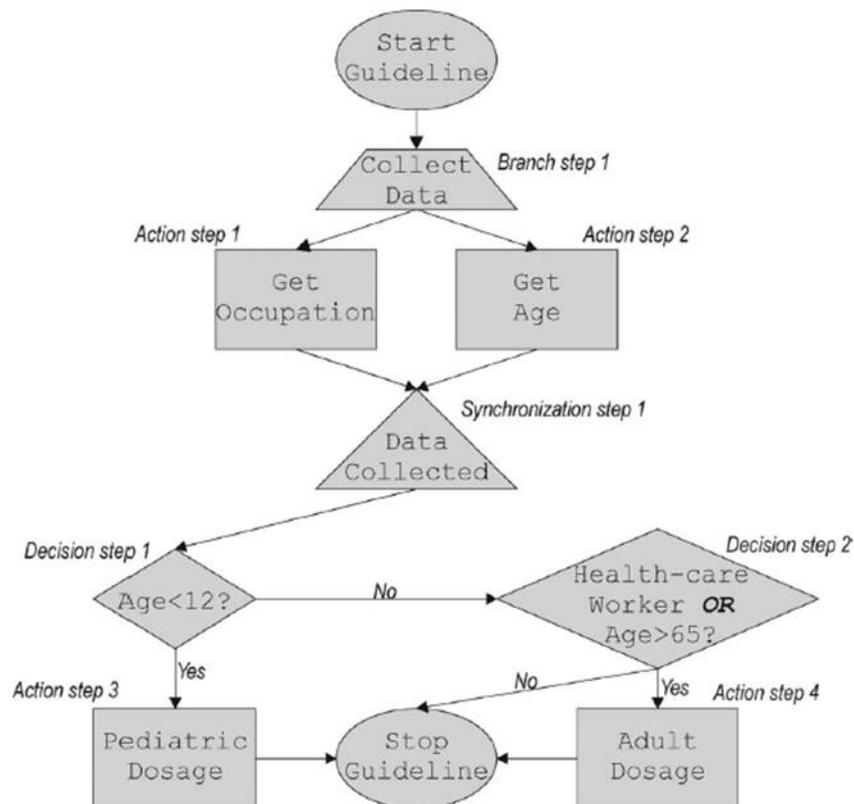


Figura 5 – Excerto de uma representação gráfica de uma guia para vacinação em GLIF3 (reproduzido de (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004)).

3.5.3. PROforma

3.5.3.1. Introdução

No Reino Unido, o Advanced Computation Laboratory of Cancer Research iniciou em 1998 o desenvolvimento do formalismo PROforma (Fox, Johns, & Rahmanzadeh, 1998; Vollebregt, Teije, Harmelen, der, & Mosseveld, 1999). O objectivo deste formalismo é o desenvolvimento de sistemas especialistas mais confiáveis que possam auxiliar os cuidados de saúde a um paciente de forma activa, através de suporte à decisão e gestão do fluxo de trabalho. PROforma resulta da concatenação das palavras “*proxy*” (que significa “permissão para actuar como outrem”) e “*formalize*” (que significa “dar forma definitiva a”).

3.5.3.2. Modelação e Representação de Guias

Tal como GLIF, PROforma também representa guias como um fluxograma, nos quais os nodos são instâncias de classes pré-definidas. A este modelo de representação dá-se o nome de ontologia de tarefas PROforma. O modelo define quatro classes de tarefas, representadas na Figura 6. *Plans*, *decisions*, *actions* e *enquiries* possuem os seus próprios atributos.

Todas as tarefas que constam no fluxograma derivam de uma tarefa inicial comum, *root task*, que contém atributos que são comuns a todas as quatro tarefas deriváveis. Estes atributos podem ser de cariz administrativo: *name* (identificador da tarefa), *caption* (nome da tarefa para efeitos de impressão) e *description* (descrição breve da guia). Outros atributos podem descrever aspectos relacionados com a abrangência da guia, como:

- *Goals*: definem o objectivo da tarefa (e.g., *achieve(normal_respiration)*);
- *Preconditions* e *postconditions*: condições que se devem verificar antes e depois, respectivamente, da execução de uma tarefa (e.g., *risk_level=severe*);
- *Trigger conditions*: podem ser eventos temporais ou estados do paciente, que, ocorrendo, despoletam a realização de uma tarefa (e.g., *peak_flow<30*);
- *Cycles*: definem condições e restrições segundo as quais uma tarefa deve ser repetida (e.g., *cycle(Integer,Interval)*, *cycle(until(State),Interval)*).

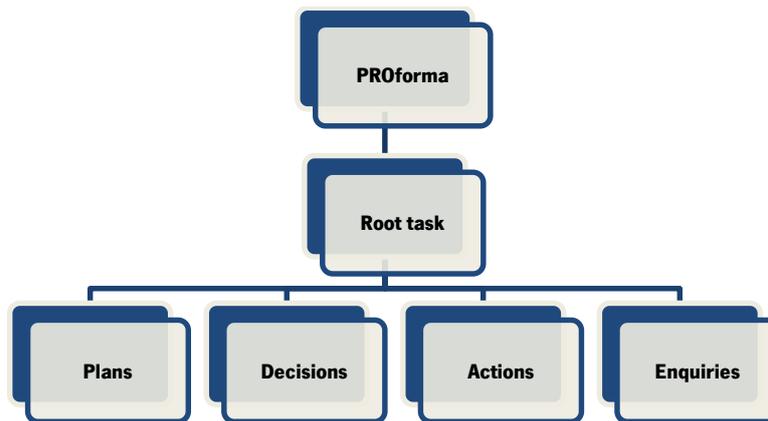


Figura 6 – Representação esquemática das principais classes de tarefas do modelo PROforma.

A classe *plans* define *sub-guias* e determina uma sequência ordenada de tarefas, restrições lógicas, restrições temporais à sua execução e as circunstâncias em que um plano deve terminar ou abortar. Isto está explícito no tipo de atributos que a classe *plans* acrescenta aos já referidos: *components*, *scheduling constraints*, *temporal constraints*, *abort conditions* e *termination conditions*. O atributo *components* alberga um conjunto de referências a tarefas que constituem um plano (e.g., *history*, *diagnosis*, *therapy*, *follow-up*), cuja ordem é definida em *scheduling* e *temporal constraints*. É possível definir que uma tarefa ocorre especificamente após outra, ou que uma tarefa ocorre após um dado período de tempo. Esta restrição temporal à realização de tarefas é o que demarca PROforma de outras abordagens como GLIF. Outra forma de redireccionar o fluxo de trabalho é através de *termination conditions* (estado do paciente que provoca o fim do plano) e *abort conditions* (estado do paciente que provoca a interrupção do plano).

A classe *decisions* é representada como o conjunto de soluções candidatas. Cada solução candidata está associada a um esquema com um conjunto de expressões lógicas que suportam ou refutam cada resultado. Estas expressões lógicas consistem em regras, variáveis qualitativas, pesos e factores de certeza (Fox & Das, 2000) a favor ou contra soluções candidatas. Cada um dos argumentos, a suportar ou refutar uma opção, tem associados sinais positivos (marcados por um sinal +) ou sinais negativos (marcados por sinais -). O valor do peso positivo ou negativo depende da quantidade de sinais positivos/negativos que uma regra tem associada. Através de uma função matemática, os sinais + e - são transformados em valores numéricos e calcula-se o peso resultante do conjunto de regras, apresentando-se no final as opções por ordem decrescente de preferência.

Uma *action* em PROforma é uma tarefa cuja execução é requisitada pelo motor de execução de PROforma a um agente externo (como por exemplo o utilizador, *software* externo ou um componente de hardware). Geralmente este tipo de tarefas consiste na emissão de mensagens ou a chamada de um programa externo através de uma Application Programming Interface (API). Estas acções são sempre atómicas e não podem ser decompostas. Em *actions* encontram-se os atributos *method* (a forma como a execução deve ser realizada) e *confirmation* (especificação sobre se a acção necessita de confirmação do utilizador).

A classe *enquiries* define tarefas de obtenção de informação médica ou administrativa. Esta informação pode ser obtida através de perguntas ao utilizador ou a partir do registo de saúde electrónico do paciente. Nesta classe, destaca-se o atributo *data definition*, que define a forma como os dados são introduzidos na base de conhecimento.

A representação em fluxograma de PROforma apresenta a particularidade de as tarefas serem representadas de forma diferente, em função da classe a que pertencem. *Plans* são representados por rectângulos com os vértices redondos, *decisions* através de círculos, *actions* através de rectângulos e *enquiries* por losangos.

As guias em PROforma são armazenadas utilizando Red Representation Language (R²L), uma linguagem de representação orientada ao tempo. Para realizar a execução da guia é necessário converter a guia para outra linguagem, denominada Logic of R²L (L_{R²L}). L_{R²L} é uma linguagem de representação do conhecimento baseada em predicados.

3.5.3.3. Aquisição e Verificação Guias

PROforma possui um conjunto de ferramentas para desenvolvimento de guias. A Figura 7 representa a *framework* do ambiente de criação de tarefas de PROforma (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004), que permite aos autores de guias defini-las em termos das instâncias das classes de tarefas e respectivos atributos.

O painel esquerdo da Figura 7 mostra uma visão geral em forma de árvore de todos os planos, ao passo que o painel central mostra uma representação gráfica do plano seleccionado. Quando uma tarefa é seleccionada na árvore, o painel direito apresenta os seus atributos. A aquisição de guias em PROforma é realizada em duas fases. A primeira fase consiste em definir através de uma ferramenta gráfica instâncias das quatro classes. A segunda fase consiste em inserir valores específicos para os atributos de cada instância.

Após o armazenamento da guia em R²L, esta é processada por uma ferramenta de verificação de forma a detectar erros declarativos e de sintaxe. Após a verificação dá-se a tradução para L²R.

As aplicações Arezzo e HeCaSe2 também permitem a aquisição e verificação guias em PROforma (Isern & Moreno, 2008).

3.5.3.4. Execução de Guias

A *framework* PROforma (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004) possui um motor de execução *standard* que executa as guias introduzidas através da linguagem L²R. O motor de execução pode ser ligado a várias interfaces através de APIs específicas. A execução também é possível utilizando Arezzo e HeCaSe2 (Isern & Moreno, 2008).

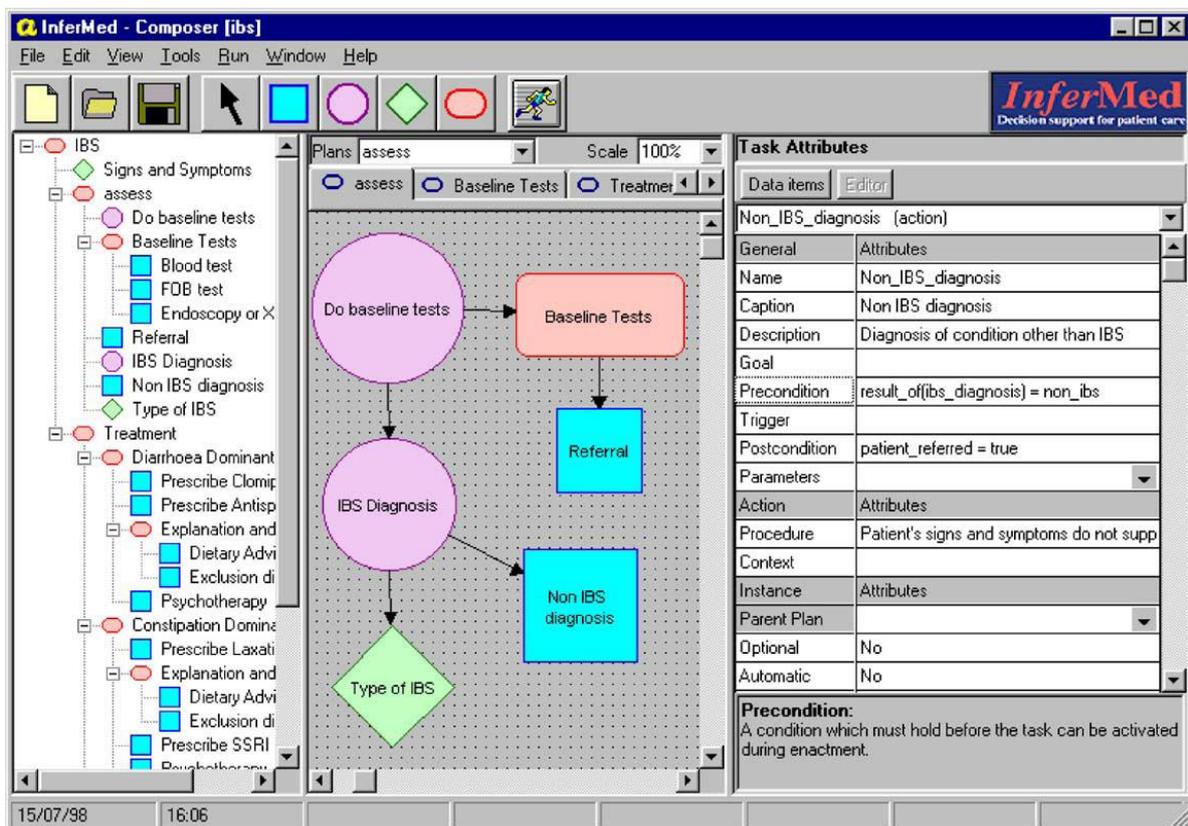


Figura 7 – Visualização de uma guia no ambiente de criação de tarefas PROforma (reproduzido de (Clercq, Blom, Korsten, & Hasman, 2004)).

3.5.4. Asbru

3.5.4.1. Introdução

Tal como PROforma, o formalismo Asbru (Miksch, Shahar, & Johnson, *Asbru: A task-specific, intention-based, and time-oriented language for representing skeletal plans*, 1997) permite expressar objectivos, que, no contexto deste modelo, adquirem particular relevância e são designados por intenções. Foi desenvolvido pela Universidade de Stanford e pela Universidade de Tecnologia de Viena e é particularmente avançado na modelação dos aspectos temporais de guias. Asbru faz parte do projecto Asgaard (Shahar, Miksch, & Johnson, *The Asgaard project: a task-specific framework for the application and critiquing of time-oriented clinical guidelines*, 1998) e é um formalismo para representação de guias como planos, especializando-se na representação de padrões e anotações temporais e desenvolvendo um método de visualização de guias num eixo temporal.

3.5.4.2. Modelação e Representação de Guias

Asbru utiliza um modelo baseado em intenções de forma a representar GCs como planos. Este modelo utiliza uma noção de plano semelhante à de PROforma, na medida em que os planos são vistos como colecções de itens. Cada tarefa é realizada com base em métodos de resolução de problemas, que apresentam um conjunto de estratégias gerais, independentemente do domínio de aplicação. O conhecimento necessário para resolver uma dada tarefa é definido em *knowledge roles*, que providenciam uma descrição da função do conhecimento no método de resolução do problema. Asbru define os seguintes *knowledge roles*: *preferences*, *plan intentions*, *conditions*, *effects* e *plan body*.

O conteúdo de um *plan body* é sempre constituído por outros planos, até que um plano já não possa ser decomposto. Os planos que não podem ser decompostos denominam-se *actions*. Em Asbru, as guias consistem em *plans* e *actions*, e as suas funcionalidades são definidas pelos *knowledge roles*.

As *preferences* restringem a aplicação de um dado plano, de forma a atingir um dado objectivo. Exemplos de preferências são:

- *Select-method*: uma forma de determinar o método a utilizar em função da sua adequação (e.g., *exact fit*, *roughly fit*);
- *Resources*: uma especificação de recursos obrigatórios ou proibidos (e.g., em casos de infecção muito específicos, proibir a cirurgia e obrigar à utilização de antibióticos);
- *Strategy*: que define a estratégia a utilizar (e.g., *agressive* ou *normal*).

Um dos aspectos chave de Asbru é a representação dos objectivos de um plano em *intentions*. A definição de *intentions* auxilia a selecção do plano mais apropriado e é crucial no apoio à decisão. Um exemplo destas situações é um caso em que um profissional de saúde pretende tratar a hipertensão, para a qual um tratamento possível é a administração de beta-bloqueadores. Contudo, o médico deseja evitar a sua utilização e segue outro plano. Com base nas *intentions*, caso o objectivo de baixar a hipertensão não seja atingido, o sistema é capaz de fazer uma apreciação crítica do procedimento do profissional de saúde, aconselhando-o. Por outro lado, se o resultado do tratamento estiver de acordo com as *intentions*, não será gerada a apreciação crítica e o sistema aceitará o plano seguido como correcto. As *intentions* são definidas como padrões temporais de acções dos profissionais de saúde e estados dos pacientes que devem ser mantidos, alcançados ou evitados. Existem quatro categorias de *intentions*:

- *Intermediate state*: os estados dos pacientes que devem ser mantidos, alcançados ou evitados, ou seja, manter um dado estado (e.g., níveis de substâncias no sangue) durante o período de tempo em que decorre o plano;
- *Intermediate action*: as acções dos prestadores de cuidados que devem ocorrer durante a execução do plano (e.g., verificar níveis de glicose uma vez por dia);
- *Overall state pattern*: o padrão global de estado do paciente que se deve verificar após completar o plano (e.g., o nível de glicose do paciente é apropriado);
- *Overall action pattern*: o padrão global das acções dos profissionais de saúde que se deve verificar após a conclusão do plano (e.g., o paciente visitou regularmente o nutricionista nos últimos três meses).

As *conditions* são também padrões temporais e são utilizadas para alterar o estado de um plano. Tal como PROforma, Asbru define estados para os planos, que passam por activo, suspenso, terminado ou abortado, e as categorias que definem estes estados. Estas categorias são:

- *Filter-preconditions* e *setup-preconditions*: que se devem verificar para que um plano seja considerado aplicável;
- *Suspend-conditions*: que determinam quando um plano deve ser suspenso;
- *Abort-conditions*: que determinam quando um plano deve ser abortado.

Effects descrevem a relação entre argumentos de planos e efeitos mensuráveis através de funções matemáticas, por exemplo, o estabelecimento da relação inversamente proporcional entre

insulina e o nível de glicose no sangue. Também se pode incluir neste item probabilidades de ocorrência dos efeitos.

O *plan body* é um conjunto de planos e acções que devem ser realizados sempre que as condições se apresentem. Em Asbru, existem três tipos de planos: *sequential*, *concurrent* e *cyclical*.

Na representação de guias em Asbru são de extrema importância as anotações temporais (Shahar, et al., 2003), que especificam quatro pontos no tempo relativamente a um ponto de referência, o qual pode ser um ponto específico ou abstracto no tempo ou uma transição de estados de um plano. Estes quatro pontos são: *earliest starting shift* (ESS), *latest starting shift* (LSS), *earliest finishing shift* (EFS) e *latest finishing shift* (EFS). Podem ser especificadas duas durações: *minimum duration* (MinDu) e *maximum duration* (MaxDu). Estas referências representam as restrições temporais para a execução dos planos ou verificação de condições.

A sintaxe formal da linguagem Asbru está definida em BNF e as guias são codificadas numa linguagem tipo LISP. Actualmente Asbru encontra-se disponível também em XML (Votruba, Miksch, & Kosara, 2004).

3.5.4.3. Aquisição e Verificação de Guias

Ao contrário de outras abordagens como GLIF e PROforma, a visualização de guias em Asbru não acontece na forma de um fluxograma, pois a visualização do tempo e intenções através de um fluxograma é difícil e complexa. Para o efeito foi desenvolvida uma ferramenta denominada AsbruView (Miksch, Kosara, Shahar, & Johnson, 1998), que utiliza gráficos para a visualização de guias. Em AsbruView, os planos são visualizados como pistas e os vários tipos de condições são vistos como sinais de tráfego, segundo uma vista topológica. A Figura 8 apresenta a vista topológica em AsbruView de uma guia para o tratamento de distúrbio respiratório em criança. O comprimento da pista representa o tempo e a espessura representa planos que se encontram no mesmo nível de decomposição. Um exemplo da vista de condições como sinais de tráfego é o semáforo que se pode verificar na Figura 8.

Em AsbruView os planos também podem ser visualizados na vista temporal, que se foca na sua dimensão temporal e respectivas condições. Esta vista faz uso das referências temporais acima mencionadas.

Ainda se encontram em desenvolvimento ferramentas que permitam a verificação e teste de guias em Asbru, de forma a detectar erros de declaração e sintaxe.

na Universidade de Stanford e é o precursor de formalismos como GLIF (Peleg, Boxwala, Bernstam, Tu, Greenes, & Shortliffe, 2001) e SAGE (Tu, et al., 2007), continuando a ser desenvolvido como um sistema de investigação. Tal como GLIF representa as guias na forma de fluxogramas.

A arquitectura EON consiste em vários componentes que facilitam a aquisição e execução de GCs. O modelo para GCs de EON denomina-se Dharma (Tu & Musen, A flexible approach to guideline modeling., 1999) e é orientado aos objectos. Dharma consiste em classes que descrevem entidades de uma guia de passos temporalmente estruturados. O modelo Dharma não é estático, o que significa que o modelo pode ser expandido com classes adicionais que captem novos aspectos da guia.

3.5.5.2. Modelação e Representação de Guias

No modelo Dharma, as guias gerem o comportamento do paciente, consistindo em decisões e acções que podem levar a mudanças no estado do paciente ao longo do tempo. Neste modelo as decisões são tomadas em encontros dos profissionais de saúde com os pacientes. Acções, como escrever receitas ou a solicitação de um exame de laboratório, são executadas durante os encontros. Para a representação de restrições temporais, EON utiliza um excerto de Asbru.

As classes primitivas em EON encontram-se representadas na Figura 9 e são: *scenarios*, *decisions*, *actions* e *goals*. Estas classes formam a ontologia da guia.

Um *scenario* é uma caracterização parcial do estado de um paciente. Nesta classe existem condições de selecção, que especificam os critérios necessários para um paciente se encontrar no referido *scenario*. Os *scenarios* permitem que um médico sincronize a gestão de um paciente com as partes correspondentes de uma guia e são normalmente utilizados como pontos de entrada de informação numa guia. Um *scenario* é sempre seguido de *actions* ou *decisions*. A classe *scenarios* possui atributos que especificam os critérios de selecção e que identificam o passo seguinte a um *scenario*. Os *scenarios* também podem ser utilizados para modelar excepções que representam situações de saúde que raramente ocorrem. A ontologia Dharma define dois tipos de excepções:

- Excepções que são reparáveis: excepções que levam o paciente de volta a um *scenario* incluído na guia;
- Excepções que não são reparáveis: quando o estado do paciente implica o encaminhamento para outra guia.

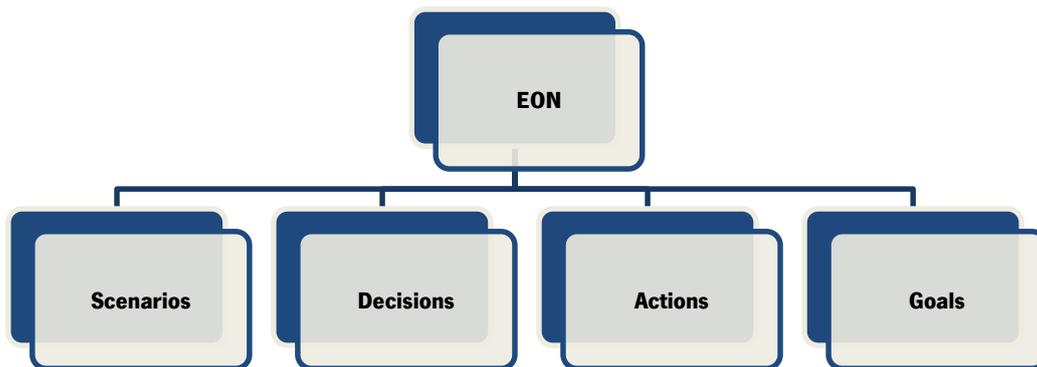


Figura 9 – Representação esquemática das principais classes do modelo EON.

Na ontologia Dharma, existem dois tipos básicos de *decisions* na forma de subclasses: *decisions* que modelam escolhas na forma de regras “*if...then...else...*” e *decisions* que requerem a realização de uma escolha heurística de entre um número de alternativas. A escolha no segundo tipo de *decisions* é auxiliada por preferências determinadas por condições de inclusão ou exclusão que apoiam ou contrariam cada alternativa (semelhante a PROforma). Para que uma alternativa ganhe preferência sobre outra, é necessário que a condição de inclusão seja avaliada como verdadeira e a condição de exclusão seja avaliada como falsa. Caso nenhuma das condições sejam avaliadas em verdadeira, não sendo possível seleccionar uma ou outra alternativa, são atribuídos valores de preferência por defeito, que existem já no sistema.

As *actions* são definidas como actos instantâneos que conduzem a alterações no estado do mundo, como por exemplo recolher dados do paciente, mostrar uma mensagem ao utilizador ou começar um novo tratamento. Em EON também existe o conceito de *activity*. Ao passo que *actions* são instantâneas, as *activities* modelam processos que decorrem ao longo do tempo. As *activities* possuem estados que se podem alterar ao longo do tempo, como resultado de *actions*. EON também possui *actions* que referenciam um conjunto de outras acções ou uma *sub-guia*. Exemplos deste tipo de *actions* são aquelas que modelam passos de ramificação e sincronização.

Cada passo em EON pode ser associado a um objectivo, um *goal*. A noção de *goal* pode ser comparada à noção de *intention* em Asbru. Neste caso, os *goals* são representados como critérios booleanos (e.g., *blood pressure <130/85 = true*).

EON define também um modelo de dados do paciente onde existem classes e atributos apropriados para a representação desta informação. Por exemplo, é definida uma classe *patient*,

cujas instâncias possuem informações demográficas sobre pacientes específicos. Também é definida uma classe *qualitative_entry*, que descreve observações qualitativas sobre o paciente, assim como uma *numeric_entry* para resultados de testes médicos quantitativos. O modelo de dados do paciente não pretende ser uma cópia do seu RSE, mas sim, modelar os aspectos do paciente que são relevantes para as guias e protocolos médicos.

À semelhança do modelo de dados do paciente, EON possui um modelo de especialidade médica, que consiste numa ontologia de domínio médico que estrutura os conceitos de um domínio (por exemplo medicamentos e tratamentos).

Em termos de linguagem, EON utiliza o Resource Description Framework (RDF) para a descrição do modelo e das guias. Para a representação de critérios mais complexos em *goals* é utilizada a Protégé Axiom Language (PAL) (Grosso, Eriksson, Ferguson, Gennari, Tu, & Musen, 1999), que se trata de um excerto da sintaxe do Knowledge Interchange Format (KIF) (Patil, et al., 1992).

3.5.5.3. Aquisição e Verificação Guias

A ferramenta Protégé (Grosso, Eriksson, Ferguson, Gennari, Tu, & Musen, 1999) também é utilizada como ferramenta de aquisição de conhecimento no modelo EON, na qual os utilizadores são capazes de introduzir e visualizar guias. .

Como já foi mencionado, a PAL é utilizada para descrever critérios complexos, utilizados nas decisões e o Protégé facilita aos criadores de guias a escrita destes critérios lógicos.

3.5.5.4. Execução de Guias

De forma a facilitar o desenvolvimento de motores de execução de guias, EON define uma arquitectura de decisão (Tu, Musen, & others, 2001) que contém componentes para a execução de guias e interfaces com outros sistemas de informação.

No centro da arquitectura está o Padda Guideline Execution Server, o qual aplica uma guia aos dados de um paciente, retirados da base de dados de um sistema de informação clínico. No Padda Server existe um gestor da base de conhecimento que utiliza uma API fornecida por Protégé. É o Padda Server que determina se uma dada guia é aplicável a um paciente e implementa o modo de interacção com o mundo exterior.

A interacção do Padda Server com outros sistemas de informação é possível através de uma especificação de interface escrita em Common Object Request Broker Architecture Interface

Definition Language (CORBA IDL), que consiste em métodos de transferência de dados estruturados entre o servidor e o cliente.

De forma a analisar situações de pacientes, os termos existentes no seu RSE devem ser mapeados para os conceitos no modelo de dados do paciente, assim como a terminologia do domínio da especialidade médica deve ser mapeada para a terminologia da especialidade no sistema de informação. Isto é conseguido através de uma ferramenta denominada Tzolkín.

3.5.6. Standards-Based Sharable Active Guideline Environment (SAGE)

3.5.6.1. Introdução

O projecto SAGE (Tu, et al., 2007) é uma colaboração de seis grupos de investigação (IDX Systems, Centro Médico da Universidade do Nebraska, Intermountain Health Care, Apelon Inc., Stanford Medical Informatics e Mayo Clinic) e procura estabelecer uma infra-estrutura que permita a partilha de guias em sistemas de informação clínicos heterogéneos. Um aspecto chave de SAGE nos seus objectivos é o seu envolvimento com organizações que desenvolvem *standards* (e.g., HL7), de forma a encurtar a distância entre a lógica das guias e a sua implementação clínica. Representa uma evolução face a formalismos anteriores como EON (Musen, Tu, Das, & Shahar, 1996) e GLIF (Ohno-Machado, et al., 1998).

Existem três componentes nos modelos de informação SAGE: uma visão dos dados do paciente, um modelo de organização dos cuidados de saúde e um modelo do fluxo de trabalho. O objectivo destas especificações é a separação entre os passos genéricos nos cuidados de saúde e os passos específicos de um ambiente em particular.

3.5.6.2. Modelação e Representação de Guias

O modelo de representação de SAGE (Tu, et al., 2007) consiste em *recommendation sets* que simbolizam diferentes GCs. Um *recommendation set* é um conjunto de recomendações que são aplicáveis num dado contexto clínico, organizadas segundo um formalismo. Os *recommendation sets* são compostos por *context nodes*, *decision nodes*, *action nodes* e *routing nodes*, como se pode verificar na Figura 10. É possível referenciar outros *recommendations sets*, num dado *recommendation set*, permitindo a nidificação de GCs. A representação dos diferentes nodos, num grafo, denomina-se *activity graph*.

O contexto é especificado num *context node*, que por sua vez é definido pela combinação das especificações do ambiente clínico (e.g., consultas externas de clínica geral), das especificações do profissional de saúde para o qual se dirigem as recomendações e de estados do paciente que sejam relevantes (e.g., paciente hipertenso). Os *action nodes* especificam actividades do sistema de informação executadas como suporte à guia, como por exemplo, a obtenção de parâmetros do estado do paciente. Os *decision nodes* contêm condições de inclusão e condições de exclusão, à semelhança de EON, sobre as recomendações, expressas na linguagem GELLO (Sordo, Ogunyemi, Boxwala, & Greenes, 2003). Quanto aos *routing nodes*, controlam a execução da guia.

SAGE faz uso de *standards*, como o RIM do grupo HL7 (Schadow, Russler, Mead, & McDonald, 2000), para estruturar a informação e tipos de dados. É implementado um modelo de informação denominado Virtual Medical Record (VMR), que foi expandido para a representação de dados de pacientes e acções da guia. SAGE utiliza *standards* de terminologias como SNOMED-CT e LOINC, que podem ser encontrados no Unified Medical Language System (UMLS) (Bodenreider, 2004).

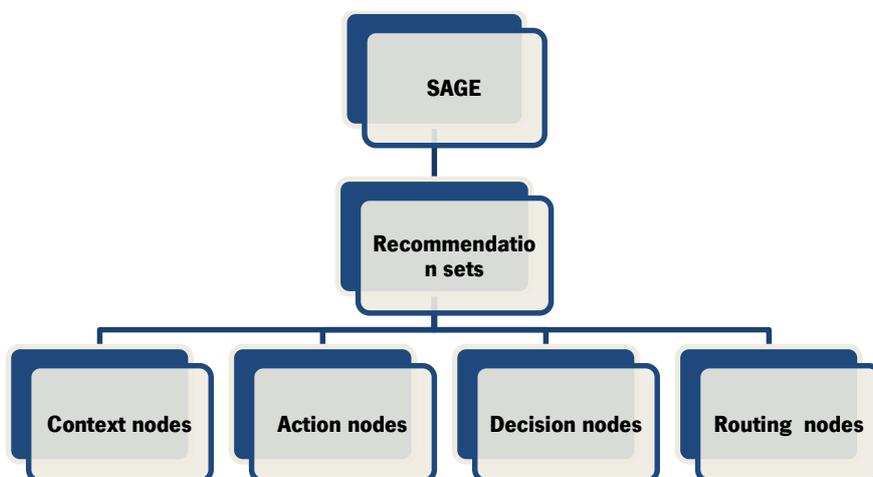


Figura 10 - Representação esquemática das principais classes do modelo SAGE.

3.5.6.3. Aquisição e Verificação Guias

Num ambiente SAGE (Ram, et al., 2004), assume-se que primeiramente a guia é importada para a instituição de cuidados de saúde. A instalação da guia envolve dois passos principais: a instituição edita a guia, para que esta corresponda às suas políticas organizacionais e clínicas (processo designado por *localization*) e o mapeamento dos conceitos dos *standards* da guia para os dados do sistema de informação clínico (processo designado por *binding*). Após a instalação, a guia está disponível para ser colocada no motor de execução.

Quando é detectada uma guia para execução, o motor de execução realiza verificações de forma a determinar se a guia está correctamente codificada.

3.5.6.4. Execução de Guias

O ambiente de execução de guias SAGE (Ram, et al., 2004) consiste num motor de execução, um auditor de eventos, um servidor de terminologia, um conjunto de interfaces denominadas VMR/*action services*, todos presentes na Figura 11. O motor de execução pode executar múltiplas guias.

O motor de execução interpreta o conteúdo dos *context*, *action* e *decision nodes* e gere o fluxo de trabalho. O *event listener* é o mecanismo pelo qual o motor de execução é notificado de mudanças de estado no sistema de informação clínico, através de um módulo JAVA que encaminha eventos do sistema de informação clínico para o *event listener*. Os VMR/*action services* são interfaces para os dados dos pacientes e para funcionalidades do sistema de informação clínico. Os VMR *services* obtêm dados do sistema de informação clínico, ao passo que os *action services* são utilizados para desencadear acções no sistema de informação clínica. Os VMR/*action services* utilizam *standards* de mensagens HL7 (Schadow, Russler, Mead, & McDonald, 2000) na comunicação com os sistemas de informação clínica.

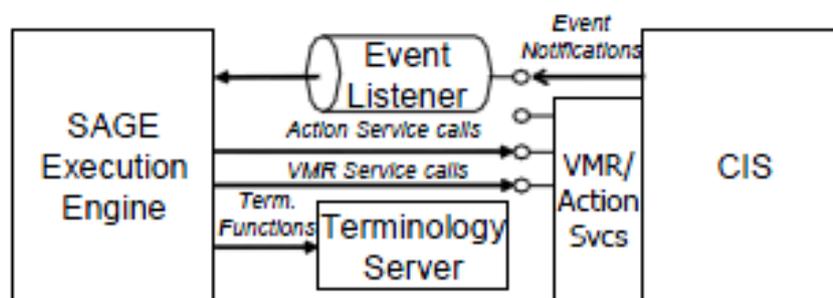


Figura 11 – Esquema da arquitectura de execução de SAGE (reproduzido de (Ram, et al., 2004)).

3.6. Análise

De forma a escolher a melhor forma de representação computacional de guias, é necessário definir alguns critérios a que os modelos devem obedecer, o que é possível através da análise das diferentes abordagens de CIGs.

Ao nível da codificação de GCs é importante considerar a facilidade e o tempo necessário para codificar guias, assim como o nível de qualificações necessário para o fazer. A codificação de guias deve ser possível mesmo a pessoal sem qualificações técnicas a nível informático. Por outro lado, é necessário que haja reprodutibilidade, ou seja, que múltiplas codificações da mesma guia produzam o mesmo resultado final. Para além de reprodutibilidade, a codificação deve produzir exactidão, na medida em que deve reproduzir fielmente o conteúdo da guia. A facilidade com que a representação de CIGs pode ser actualizada ou modificada é um aspecto importante, pelo que se deve ter em contas aspectos relativos à sua manutenção.

A introdução de melhorias também deve ser avaliada, por comparação com outras representações que não as possuam. Isto é particularmente importante no que toca ao apoio à decisão.

Ao nível da implementação em instituições de cuidados de saúde, deve ser avaliada a incorporação das guias nos sistemas de informação clínicos, nomeadamente a ligação entre os conceitos e variáveis representados nas CIGs com os conceitos e variáveis do sistema de informação clínica.

O *output* do sistema de CIGs é um dos pontos de discussão. Não existe um consenso sobre se o *output* deve ser apenas um conjunto de recomendações, um conjunto de recomendações juntamente com segmentos explicativos ou se deve haver uma ordem de preferências para as recomendações.

Cada um dos modelos de CIGs mencionados foca-se em diferentes aspectos da representação, desenvolvimento e implementação de guias. Ao passo que Arden Syntax e GLIF se concentram na padronização de GCs, PROforma foca-se em aspectos relacionados com a sua execução, Asbru concentra-se na representação temporal de GCs, e EON e SAGE dão especial importância ao estabelecimento de uma arquitectura que suporte o desenvolvimento, implementação e partilha de guias.

As características fundamentais de um modelo de representação de CIGs podem ser agrupadas da seguinte forma: primitivas de representação, linguagem (Wang, Peleg, Tu, Shortliffe,

& Greenes, 2001) e modelação do fluxo do processo clínico (O'Connor, Shankar, Parrish, & Das, 2009). A Figura 12 fornece uma representação esquemática destas características.

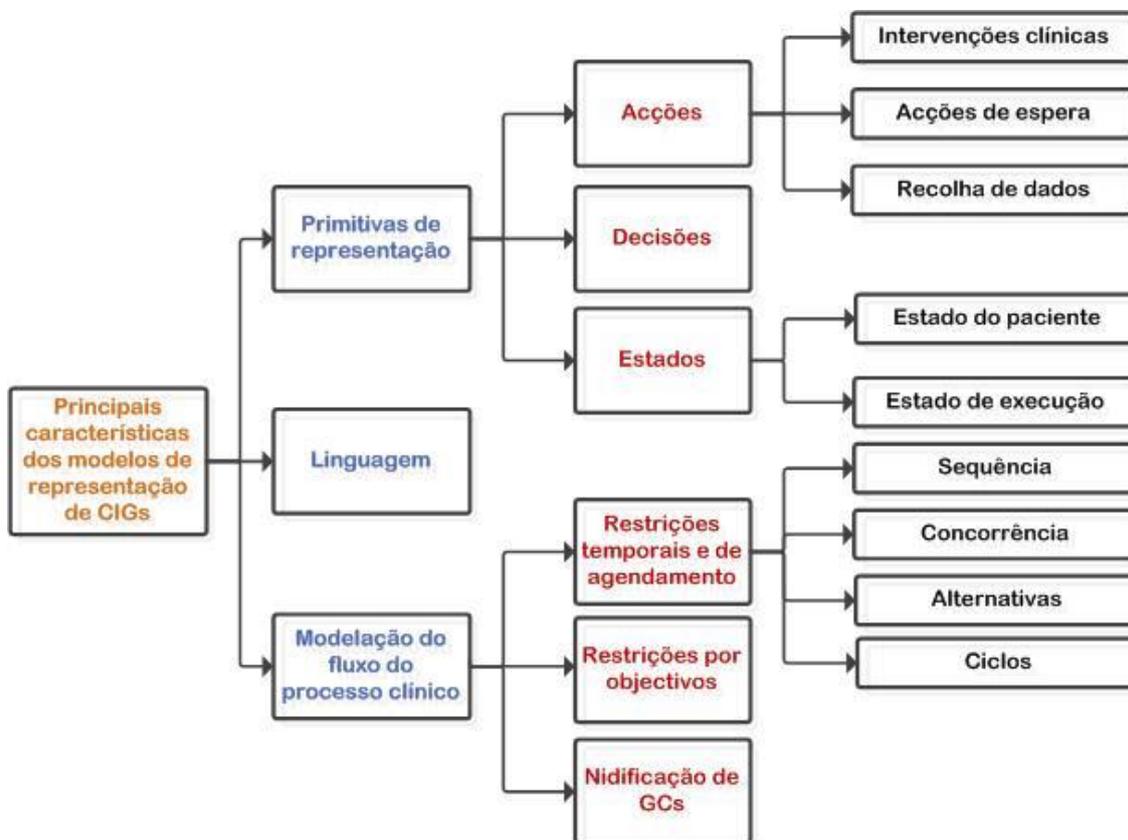


Figura 12 – Representação esquemática das principais características dos modelos de representação de CIGs.

As primitivas são um conjunto de blocos de informação, que devem captar todos os aspectos da informação de uma guia. São as classes base utilizadas na representação de guias.

Arden Syntax é a única das abordagens mencionadas que não modela guias com base num conjunto de primitivas, optando por considerar cada guia como um módulo independente, no qual está contido uma regra. Dada a simplicidade desta representação, a sua expressividade é reduzida, pelo que a sua utilização é mais adequada a sistemas de alerta e monitorização. GLIF, PROforma, Asbru e EON modelam guias de forma semelhante, na medida em que utilizam primitivas para a sua construção sob a forma de passos, tarefas ou planos. GLIF e EON apresentam uma elevada semelhança, contudo GLIF apresenta um número fixo de primitivas (tal como PROforma, Asbru e SAGE), ao passo que é possível adicionar primitivas ao conjunto de

primitivas básicas de EON. Neste aspecto, EON apresenta maior expressividade e uma melhor adequação às necessidades de informação do utilizador.

Existe um conjunto de primitivas básicas, que pela sua importância deve estar presente em cada um dos modelos. Estas primitivas básicas são acções, decisões e estados do paciente (pontos de entrada de dados). GLIF, EON e SAGE apresentam todas estas três primitivas, embora em SAGE os *patient states* existam sob a forma de uma integração com o VMR e as *actions*. Os MLMs de Arden Syntax também apresentam construtores semelhantes, sendo possível estabelecer uma correspondência entre os componentes *logic*, *action* e *evoke* e as primitivas decisão, acção e estado do paciente, respectivamente. Acções e decisões também podem ser encontradas em PROforma, contudo nesta abordagem não existe um suporte directo para o estado do paciente. Os *enquiries* de PROforma são vistos como acções tanto em EON como em GLIF. Em Asbru, a primitiva presente é *action* e cada um dos sub-planos consiste na sua essência numa *action*.

Todas as abordagens possuem uma forma de representação temporal. A estrutura mais complexa, e porventura mais completa, é a de Asbru. GLIF e EON adoptam um excerto de Asbru para representação temporal. De forma a ser compatível com Arden Syntax, GLIF define um conjunto de operadores comuns a Arden Syntax como *before*, *after* e *ago*, que apresentam paralelismos com os presentes em PROforma. PROforma define uma linguagem de expressão de restrições à execução de planos, que permite definir a sua duração e condições de repetição.

De forma a representar incerteza, Arden Syntax e GLIF apresentam três valores lógicos: *true*, *false* e *unknown*, mas não se realiza um tratamento desta informação. PROforma organiza um sistema de preferências, que considera a incerteza associada à informação na atribuição de pesos aos argumentos. Contudo, a representação de Informação Imperfeita não tem sido uma prioridade no desenvolvimento de CIGs.

Ao nível da complexidade dos modelos, todas as abordagens, excepto Arden Syntax, permitem a nidificação de sub-guias dentro das suas primitivas. GLIF, EON, SAGE possuem primitivas que podem conter uma referência a uma sub-guia ou sub-plano. Já em Asbru, cada *plan body* contém sub-planos que são percorridos até que se encontre um sub-plano que já não possa ser decomposto. PROforma permite a inclusão de planos em outros planos.

EON, PROforma e Asbru servem-se de *goals* e *intentions* para definir guias num nível de abstracção superior e que impõem restrições por objectivos à execução de GCs.

A Tabela 1 resume as principais características das abordagens em questão, quanto às primitivas de representação, modelação do fluxo do processo clínico e modelação dos dados do paciente.

Tabela 1 – Comparação das características de diferentes abordagens de CIGs (adaptado de **(Wang, Peleg, Tu, Shortliffe, & Greenes, 2001)**).

Modelo	Primitivas de representação		Modelação do fluxo do processo clínico				Modelação de dados do paciente
	Decisões	Acções	Estado do paciente	Estado de execução	Restrições temporais	Nidificação de guias	
Arden Syntax	<i>logic slot</i>	<i>action slot</i>	-	-	invocação de um módulo Asbru	-	-
EON	<i>decision</i>	<i>action, activity</i>	<i>scenario, activity state</i>	<i>activity state</i>	fluxograma (tarefas sequenciais)	sub-guia em <i>activities</i>	<i>Electronic Patient Record ontology</i>
PROforma	<i>decision</i>	<i>action, enquiry</i>	-	<i>task state</i>	linguagem de restrições temporais	<i>plans, subplans</i>	-
GLIF	<i>decision step</i>	<i>action step</i>	<i>patient state step</i>	-	invocação de um módulo Asbru	<i>sub-guia</i>	<i>patient state steps</i> e camada de conhecimento médico representação orientada a padrões temporais
Asbru	<i>condition, preference</i>	<i>plan</i>	<i>padrões temporais</i>	<i>plan state</i>	<i>plan body</i>	<i>plans, subplans</i>	orientada a padrões temporais
SAGE	<i>decision node</i>	<i>action node</i>	VMR	-	fluxograma (tarefas sequenciais)	sub-guias em <i>recommendation sets</i>	<i>Virtual Medical Record</i>

Em termos de linguagem, todas as abordagens definem uma linguagem que descreve a representação através de uma sintaxe formal. Arden Syntax, PROforma e Asbru utilizam BNF, GLIF utiliza UML e EON baseia-se na sintaxe do Protégé. No que às guias em si diz respeito, Arden

Syntax utiliza ficheiros ASCII e XML, GLIF utiliza XML, Asbru utiliza uma sintaxe semelhante a LISP (embora também se encontre disponível em XML) e PROforma utiliza R²L.

A linguagem GELLO é utilizada para expressar os critérios de decisão em GLIF e SAGE. O mesmo papel é desempenhado pela linguagem GEL em Asbru.

6. Conclusões e Trabalho Futuro

6.1. Conclusões

Do estudo das principais necessidades dos profissionais de saúde, verificou-se que estes estão sujeitos a situações de stress, que são responsáveis por erros médicos, variações da prática clínica e prática de medicina defensiva. Concluiu-se que é necessário aproximar os profissionais de saúde das boas práticas clínicas e da medicina baseada na evidência. As GCs são o veículo ideal para este efeito.

As GCs são documentos desenvolvidos de forma sistemática, com base em evidências científicas, que aconselham os profissionais de saúde sobre boas práticas clínicas. Do estudo dos benefícios e limitações de GCs, concluiu-se que o seu formato em papel não é adequado para consulta rápida e que a solução passa pela implementação de formatos informáticos de guias integrados em sistemas de apoio à decisão, as CIGs.

Os principais modelos das diferentes abordagens de CIGs focam-se sobretudo nos aspectos temporais da execução de guias e na integração com sistemas de informação das instituições de saúde. Contudo não apresentam uma implementação prática muito desenvolvida e os modelos atuais raramente são utilizados fora do ambiente académico.

6.2. Trabalho Futuro

Na última década, grande parte do desenvolvimento de CIGs focou-se na representação de guias e na linguagem subjacente a essa representação. Desta investigação resultaram vários modelos, cada um com as suas vantagens e limitações. Contudo, a comparação das diferentes abordagens sugere que os componentes mínimos para a representação de guias já estão definidos. Grande parte das abordagens apresenta primitivas de representação comuns.

O próximo passo será o desenvolvimento de um modelo de representação *standard* utilizando os componentes acima referidos. Este modelo de representação deve apoiar-se em *standards* de informação, como é o caso do RIM do grupo HL7, de forma a tornar mais fácil a implementação de guias a nível local, integradas nos sistemas de informação das instituições. SAGE é um exemplo da nova orientação que o desenvolvimento de CIGs está a seguir.

Contudo, há que realçar a necessidade futura de abordar a questão da Informação Imperfeita no contexto clínico. O ambiente clínico é prolífico neste tipo de situações e neste contexto as decisões são de extrema importância, podendo produzir resultados irreversíveis. Daí a necessidade de apresentar fundamentações sólidas para as decisões. Outro aspecto a considerar é a utilização de terminologias que permitam o reconhecimento de vocabulário específico do domínio clínico.

6.3. Leitura Recomendada

Em relação aos tópicos discutidos neste documento propõe-se a leitura do seguinte artigo científico, a disponibilizar brevemente:

- T. Oliveira, P. Novais and J. Neves. Development and implementation of clinical guidelines: An artificial intelligence perspective. *Artificial Intelligence Review*, Springer (em processo de publicação).

Em anexo encontram-se os slides das aulas de Sistemas Inteligentes referentes à temática de Guias Clínicas. Relativamente à Sessão 3 aconselha-se a leitura do seguinte tutorial sobre Ontology Web Language (OWL):

- M. Horridge and H. Knublauch and A. Rector and R. Stevens and C. Wroe. A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools. The University Of Manchester, vol 27, pp. 0-117. 2004. (disponível em http://owl.cs.manchester.ac.uk/tutorials/protegeowltutorial/resources/ProtegeOWL_TutorialP3_v1_0.pdf)

Para mais informação relativa aos tópicos discutidos na sessão 4, sobre a ontologia CompGuide, sugere-se a leitura do seguinte artigo científico:

- T. Oliveira, P. Novais and J. Neves. Representation of Clinical Practice Guideline Components in OWL. 11th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems - Intelligent components producing and consuming knowledge and data (PAAMS-SS4-ICP) (em processo de publicação).

7. Referências Bibliográficas

- Barnes, M., & Barnett, G. (1995). An architecture for a distributed guideline server. *American Medical Informatics Association*, (p. 233).
- Bodenreider, O. (2004). The unified medical language system (UMLS): integrating biomedical terminology. *Nucleic acids research*, 32(suppl 1), D267.
- Carnett, W. (1999). Clinical practice guidelines: a tool to improve care. *Quality Management in Healthcare*, 8(1), 13.
- Chim, J., Cheung, N., Fung, H., & Wong, K. (2003). Electronic clinical practice guidelines: current status and future prospects in Hong Kong. *Hong Kong Medical Journal*, 9, 299-301.
- Clayton, P., Pryor, T., Wigertz, O., & Hripcsak, G. (1989). Issues and structures for sharing medical knowledge among decision-making systems: the 1989 Arden Homestead Retreat. *American Medical Informatics Association*, (p. 116).
- Clercq, P. d., Blom, J., Korsten, H., & Hasman, A. (2004). Approaches for creating computer-interpretable guidelines that facilitate decision support. *Artificial Intelligence in Medicine*, 31(1), 1-27.
- Duff, L., Kitson, A., Seers, K., & Humphris, D. (1996). Clinical guidelines: an introduction to their development and implementation. *Journal of Advanced Nursing*, 23(5), 887-895.
- Elkin, P., Peleg, M., Lacson, R., Bernstam, E., Tu, S., Boxwala, A., et al. (2000). Toward standardization of electronic guideline representation. *MD Computing*, 17(6), 39-44.
- Farquhar, C., Kofa, E., & Slutsky, J. (1992). Clinicians' attitudes to clinical practice guidelines: a systematic review. *methods*, 3, 5.
- Fink, A., Kosecoff, J., Chassin, M., & Brook, R. (1984). Consensus methods: characteristics and guidelines for use. *American Journal of Public Health*, 74(9), 979.
- Fox, J., & Das, S. (2000). Arguments about beliefs and actions: decision making in the real world. *Safe and sound: artificial intelligence in hazardous applications*, 55-76.
- Fox, J., Johns, N., & Rahmanzadeh, A. (1998). Disseminating medical knowledge: the PROforma approach. *Artificial Intelligence in Medicine*, 14(1-2), 157-182.
- Gardner, R. M., Pryor, T., & Warner, H. R. (1999). The HELP hospital information system: update 1998. *International Journal of Medical Informatics*, 54(3), 169-182.

- G-I-N. (2011). *Membership*. Obtido em 13 de Julho de 2011, de Guidelines International Network: <http://www.g-i-n.net/membership>
- Greenes, R., Boxwala, A., Sloan, W., Ohno-Machado, L., & Deibel, S. (1999). A framework and tools for authoring, editing, documenting, sharing, searching, navigating, and executing computer-based clinical guidelines. *American Medical Informatics Association*, (p. 261).
- Grosso, W., Eriksson, H., Ferguson, R., Gennari, J., Tu, S., & Musen, M. (1999). Knowledge modeling at the millennium. *Proc. KAW'99*.
- Guyatt, G., Oxman, A., Akl, E., Kunz, R., Vist, G., Brozek, J., et al. (2011). GRADE guidelines: 1. Introduction—GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of clinical epidemiology*, 64(4), 383-394.
- Hampton, J. (1997). Evidence-based medicine, practice variations and clinical freedom. *Journal of evaluation in clinical practice*, 3(2), 123-131.
- Haux, R. (2010). Medical informatics: past, present, future. *International journal of medical informatics*, 79(9), 599-610.
- HL7. (2011). *Arden Syntax*. Obtido em 12 de 8 de 2011, de Health Level Seven International: <http://www.hl7.org/implement/standards/ardensyntax.cfm>
- Hripcsak, G. (1994). Writing Arden Syntax medical logic modules. *Computers in Biology and Medicine*, 24(5), 331-363.
- Hripcsak, G., Ludemann, P., Pryor, T., Wigertz, O., & Clayton, P. (1994). Rationale for the Arden syntax. *Computers and Biomedical Research*, 27(4), 291-324.
- Isern, D., & Moreno, A. (2008). Computer-based execution of clinical guidelines: a review. *International journal of medical informatics*, 77(12), 787-808.
- Jenders, R., & Dasgupta, B. (1996). Assessment of a knowledge-acquisition tool for writing Medical Logic Modules in the Arden Syntax. *American Medical Informatics Association*, (p. 567).
- Kaiser, K., & Miksch, S. (2009). Versioning computer-interpretable guidelines: Semi-automatic modeling of Living Guidelines' using an information extraction method. *Artificial intelligence in medicine*, 46(1), 55-66.
- Karadimas, H., Chaillolleau, C., Hemery, F., Simonnet, J., & Lepage, E. (2002). Arden/J: an architecture for MLM execution on the Java platform. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 9(4), 359.

- Kim, S., Haug, P., Rocha, R., & Choi, I. (2008). Modeling the Arden Syntax for medical decisions in XML. *International journal of medical informatics*, 77(10), 650-656.
- Kuhn, R., & Reider, R. (1994). A C++ framework for developing Medical Logic Modules and an Arden Syntax compiler. *Computers in biology and medicine*, 24(5), 365-370.
- Lindberg, C. (1990). The Unified Medical Language System (UMLS) of the National Library of Medicine. *Journal (American Medical Record Association)*, 61(5), 40.
- Linzer, M. (2005). *Organizational climate, stress, and error in primary care: the MEMO Study*. DTIC Document.
- Lohr, K., Eleazer, K., & Mauskopf, J. (1998). Health policy issues and applications for evidence-based medicine and clinical practice guidelines. *Health Policy*, 46(1), 1-19.
- Ma, H. (1995). Mapping clause of Arden Syntax with HL7 and ASTM E 1238-88 standard. *International journal of bio-medical computing*, 38(1), 9-21.
- Mancia, G., Backer, G. D., Dominiczak, A., Cifkova, R., Fagard, R., Germano, G., et al. (2007). 2007 Guidelines for the management of arterial hypertension. *European Heart Journal*, 28(12), 1462.
- Maslach, C., Schaufeli, W., & Leiter, M. (2001). Job burnout. *Annual review of psychology*, 52(1), 397-422.
- McCauley, B., Young, I., Clark, I., & Peters, M. (1996). Incorporation of the Arden Syntax within the reimplementa-tion of a closed-loop decision support system. *Computers and biomedical research*, 29(6), 507-518.
- Mead, P. (2000). Clinical guidelines: promoting clinical effectiveness or a professional minefield? *Journal of Advanced Nursing*, 31(1), 110-116.
- Melo, B., Gomes, A., & Cruz, J. (1997). Stress ocupacional em profissionais da sa{\'u}de e do ensino.
- Miksch, S., Kosara, R., Shahar, Y., & Johnson, P. (1998). Asbruvew: Visualization of time-oriented, skeletal plans., (pp. 11-18).
- Miksch, S., Shahar, Y., & Johnson, P. (1997). Asbru: A task-specific, intention-based, and time-oriented language for representing skeletal plans. *Citeseer*, (p. 9).
- Miller, M., & Kearney, N. (2004). Guidelines for clinical practice: development, dissemination and implementation. *International journal of nursing studies*, 41(7), 813-821.
- Musen, M., Shahar, Y., & Shortliffe, E. (2006). Clinical decision-support systems. *Biomedical Informatics*, 698-736.

- Musen, M., Tu, S., Das, A., & Shahar, Y. (1996). EON: A component-based approach to automation of protocol-directed therapy. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 3(6), 367.
- O'Connor, M., Shankar, R., Parrish, D., & Das, A. (2009). Knowledge-data integration for temporal reasoning in a clinical trial system. *International journal of medical informatics*, 78, S77–S85.
- Ohno-Machado, L., Gennari, J., Murphy, S., Jain, N., Tu, S., Oliver, D., et al. (1998). The guideline interchange format. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 5(4), 357.
- Ollenschlager, G., Marshall, C., Qureshi, S., Rosenbrand, K., Burgers, J., Makela, M., et al. (2004). Improving the quality of health care: using international collaboration to inform guideline programmes by founding the Guidelines International Network (GIN). *Quality and Safety in Health Care*, 13(6), 455.
- OMS. (2010). *Facts and Figures: Europe*. Obtido em 22 de Agosto de 2011, de World Health Organization.
- OMS. (2011). *National Health Accounts*. Obtido em 22 de Junho de 2011, de World Health Organization: http://www.who.int/whr/2010/whr10_pt.pdf
- Patil, R., Fikes, R., Patel-Schneider, P., McKay, D., Finin, T., Gruber, T., et al. (1992). The DARPA knowledge sharing effort: Progress report. *Citeseer*.
- Pearson, K. (1998). Role of evidence-based medicine and clinical practice guidelines in treatment decisions. *Clinical therapeutics*, 20, C80–C85.
- Peleg, M., Boxwala, A., Bernstam, E., Tu, S., Greenes, R., & Shortliffe, E. (2001). Sharable representation of clinical guidelines in GLIF: relationship to the Arden Syntax. *Journal of Biomedical Informatics*, 34(3), 170-181.
- Peleg, M., Boxwala, A., Ogunyemi, O., Zeng, Q., Tu, S., Lacson, R., et al. (2000). GLIF3: the evolution of a guideline representation format. *American Medical Informatics Association*, (p. 645).
- Peleg, M., Keren, S., & Denekamp, Y. (2008). Mapping computerized clinical guidelines to electronic medical records: Knowledge-data ontological mapper (KDOM). *Journal of biomedical informatics*, 41(1), 180-201.

- Peleg, M., Ogunyemi, O., Tu, S., Boxwala, A., Zeng, Q., Greenes, R., et al. (2001). Using features of Arden Syntax with object-oriented medical data models for guideline modeling. *American Medical Informatics Association*, (p. 523).
- Peleg, M., Tu, S., Bury, J., Ciccarese, P., Fox, J., Greenes, R., et al. (2003). Comparing computer-interpretable guideline models: a case-study approach. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(1), 52.
- Ram, P., Berg, D., Tu, S., Mansfield, G., Ye, Q., Abarbanel, R., et al. (2004). Executing clinical practice guidelines using the SAGE execution engine. *Medinfo*, 11(Pt 1), 251-5.
- Rosenbrand, K., Croonenborg, J. V., & Wittenberg, J. (2008). *Guideline development*. IOS Press: Amsterdam.
- Rosenfeld, R., & Shiffman, R. (2006). Clinical practice guidelines: a manual for developing evidence-based guidelines to facilitate performance measurement and quality improvement. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 135(4 suppl), S1.
- Rumbaugh, J., Jacobson, R., & Booch, G. (1999). The unified modelling language reference manual.
- Schadow, G., Russler, D., Mead, C., & McDonald, C. (2000). Integrating medical information and knowledge in the HL7 RIM. *American Medical Informatics Association*, (p. 764).
- Seyfang, A., Martínez-Salvador, B., Serban, R., Wittenberg, J., Miksch, S., Marcos, M., et al. (2007). Maintaining formal models of living guidelines efficiently. *Artificial Intelligence in Medicine*, 441-445.
- Shahar, Y., Miksch, S., & Johnson, P. (1998). The Asgaard project: a task-specific framework for the application and critiquing of time-oriented clinical guidelines. *Artificial Intelligence in Medicine*, 14(1-2), 29-51.
- Shahar, Y., Young, O., Shalom, E., Mayaffit, A., Moskovitch, R., Hessing, A., et al. (2003). DEGEL: A hybrid, multiple-ontology framework for specification and retrieval of clinical guidelines. *Springer-Verlag New York Inc*, 2780, p. 122.
- Shiffman, R., Shekelle, P., Overhage, J., Slutsky, J., Grimshaw, J., & Deshpande, A. (2003). Standardized reporting of clinical practice guidelines: a proposal from the Conference on Guideline Standardization. *Annals of internal medicine*, 139(6), 493.
- Siriwardena, A. (1995). Clinical guidelines in primary care: a survey of general practitioners' attitudes and behaviour. *The British Journal of General Practice*, 45(401), 643.

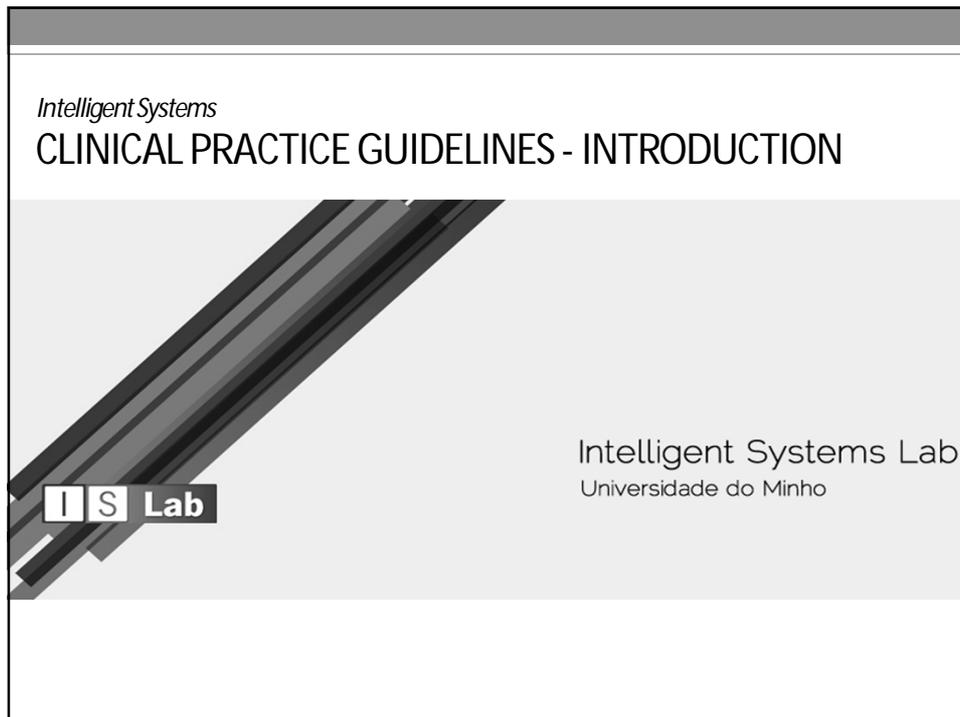
- Sonnenberg, F., & Hagerty, C. (2006). Computer-Interpretable Clinical Practice Guidelines. *Methods Inf Med, 45*(1), S145-58.
- Sordo, M., Ogunyemi, O., Boxwala, A., & Greenes, R. (2003). GELLO: An Object-Oriented Query and Expression Language for Clinical Decision Support: AMIA 2003 Open Source Expo. *American Medical Informatics Association, 2003*, p. 1012.
- Stoufflet, P., Ohno-Machado, L., Deibel, S., Lee, D., & Greenes, R. (1996). GEODE-CM: a state-transition framework for clinical management. *American Medical Informatics Association*, (p. 924).
- Studdert, D., Mello, M., Sage, W., DesRoches, C., Peugh, J., Zapert, K., et al. (2005). Defensive medicine among high-risk specialist physicians in a volatile malpractice environment. *JAMA: the journal of the American Medical Association, 293*(21), 2609.
- Teije, A. T., Miksch, S., & Lucas, P. (2008). *Computer-based medical guidelines and protocols: a primer and current trends* (Vol. 139). Los Pr Inc.
- Tierney, W., Overhage, J., Takesue, B., Harris, L., Murray, M., Vargo, D., et al. (1995). Computerizing guidelines to improve care and patient outcomes: the example of heart failure. *Journal of the American Medical Informatics Association, 2*(5), 316.
- Toker, A., Shvarts, S., Perry, Z., Doron, Y., & Reuveni, H. (2004). Clinical guidelines, defensive medicine, and the physician between the two. *American journal of otolaryngology, 25*(4), 245-250.
- Tu, S., & Musen, M. (1999). A flexible approach to guideline modeling. *American Medical Informatics Association*, (p. 420).
- Tu, S., Campbell, J., Glasgow, J., Nyman, M., McClure, R., McClay, J., et al. (2007). The SAGE Guideline Model: achievements and overview. *Journal of the American Medical Informatics Association, 14*(5), 589.
- Tu, S., Musen, M., & others. (2001). Modeling data and knowledge in the EON guideline architecture. *Studies in health technology and informatics, 280-284*.
- Vollebregt, A., Teije, A. t., Harmelen, F. v., der, J. v., & Mosseveld, M. (1999). A study of PROforma, a development methodology for clinical procedures. *Artificial Intelligence in Medicine, 17*(2), 195-221.
- Votruba, P., Miksch, S., & Kosara, R. (2004). Facilitating knowledge maintenance of clinical guidelines and protocols., (pp. 57-61).

- Wang, D., Peleg, M., Tu, S., Boxwala, A., Ogunyemi, O., Zeng, Q., et al. (2004). Design and implementation of the GLIF3 guideline execution engine. *Journal of biomedical informatics*, 37(5), 305-318.
- Wang, D., Peleg, M., Tu, S., Shortliffe, E., & Greenes, R. (2001). Representation of clinical practice guidelines for computer-based implementations. *Studies in health technology and informatics*, 285-289.
- Woolf, S., Grol, R., Hutchinson, A., Eccles, M., & Grimshaw, J. (1999). Potential benefits, limitations, and harms of clinical guidelines. *Bmj*, 318(7182), 527.
- Zielstorff, R., Teich, J., Paterno, M., Segal, M., Kuperman, G., Hiltz, F., et al. (1998). P-CAPE: a high-level tool for entering and processing clinical practice guidelines. Partners Computerized Algorithm and Editor. *American Medical Informatics Association*, (p. 478).

8. Referências Eletrônicas

- G-I-N. (2011). *Membership*. Obtido em 13 de Julho de 2011, de Guidelines International Network: <http://www.g-i-n.net/membership>
- HL7. (2011). *Arden Syntax*. Obtido em 12 de 8 de 2011, de Health Level Seven International: <http://www.hl7.org/implement/standards/ardensyntax.cfm>
- OMS. (2008). *Blood Cholesterol*. Obtido em 22 de Agosto de 2011, de WHO Statistics: http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/ncd/risk_factors/cholesterol_prevalence/atlas.html
- OMS. (2010). *Facts and Figures: Europe*. Obtido em 22 de Agosto de 2011, de World Health Organization.
- OMS. (2011). *National Health Accounts*. Obtido em 22 de Junho de 2011, de World Health Organization: http://www.who.int/whr/2010/whr10_pt.pdf
- W3C. (2011). *XML Essentials*. Obtido em 17 de Agosto de 2011, de W3C: <http://www.w3.org/standards/xml/core>

9. Anexos



Clinical Practice Guidelines - Introduction

Summary

- **Clinical Practice Guidelines**
 - Definition
 - Clinical Specialty and Category
 - Types of Clinical Practice Guidelines
 - Development Process
 - Important organisations
 - Benefits
 - Shortcomings
 - The role of Artificial Intelligence in guideline application

2

Objectives

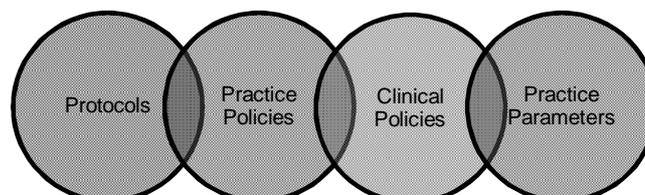
- Understand the function and scope of Clinical Practice Guidelines (CPGs);
- Identify the key phases in the development process of CPGs;
- Identify important organisations in the creation and standardisation of CPGs;
- Identify benefits and shortcomings of these documents;
- Determine which aspects *Artificial Intelligence* may help to improve.

3

Definition

CPGs are systematically developed statements containing **medical recommendations** to assist healthcare professionals and patients about appropriate healthcare in specific clinical circumstances (Miller and Kearney 2004).

Other designations include:



4

Clinical Practice Guidelines - Introduction

Clinical Specialty and Category

Medical fields touched by the CPG

Clinical Specialty

- Family practice
- Pediatrics
- Cardiology
- Surgery
- ...

Determined by the types of recommendations provided

Category

- Diagnosis
- Evaluation
- Treatment
- Management
- Prognosis
- ...

5

Clinical Practice Guidelines - Introduction

Types of Clinical Practice Guidelines

- According to the **type of information** CPGs are built upon, there are two types of documents:
 - Consensus-based guidelines
 - Evidence-based guidelines

Which one is more appropriate

?

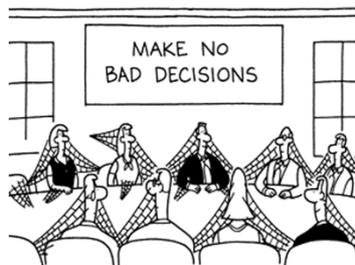
6

Types of Clinical Practice Guidelines

• Consensus-based Guidelines

A common form of guidelines resulting **from the consensus of expert opinions**. A process that seeks the agreement of all parts.

The opinions of the **minority** must be considered.



Types of Clinical Practice Guidelines

• Consensus-based Guidelines

Nominal Group



- Team members write down their ideas of the problem;
- Each idea is summarized so that all members can see them. No ideas are discussed until all are presented and recorded;
- An open discussion of ideas follows to clarify ideas that members do not understand. No attack or defence is allowed;
- Next, members vote (in secret) on the top ideas in order of priority. The eventual decision of the nominal group is the vote outcome.

Delphi Technique



- It utilizes a series of questionnaires administered by a central individual of experts who never meet together;
- As the respondents reply, their questionnaires are summarized;
- A new questionnaire based on their responses to the first, is developed;
- This repeating process continues until a team consensus on the problem is reached.

Types of Clinical Practice Guidelines

- Evidence-based Guidelines
 - Guidelines developed after the extraction and revision of scientific information from bibliography, clearly distinguishing what is proof from what is opinion;
 - Besides advising which treatment is better, the document quantifies in absolute terms the benefits and costs of adopting this or other procedure.

9

Types of Clinical Practice Guidelines

- Evidence-based Guidelines

*Features of evidence-based guidelines in the COGS
(Conference on Guideline Standardisation) checklist (2003)*

Clear definition
of the scope
and objectives

Involvement of
all the
stakeholders

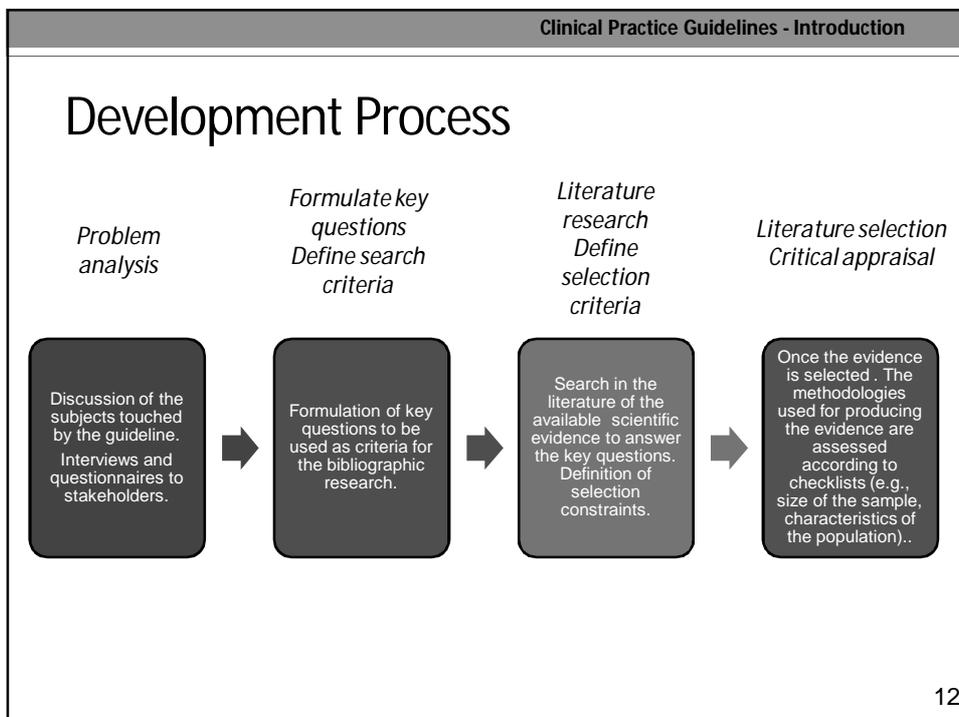
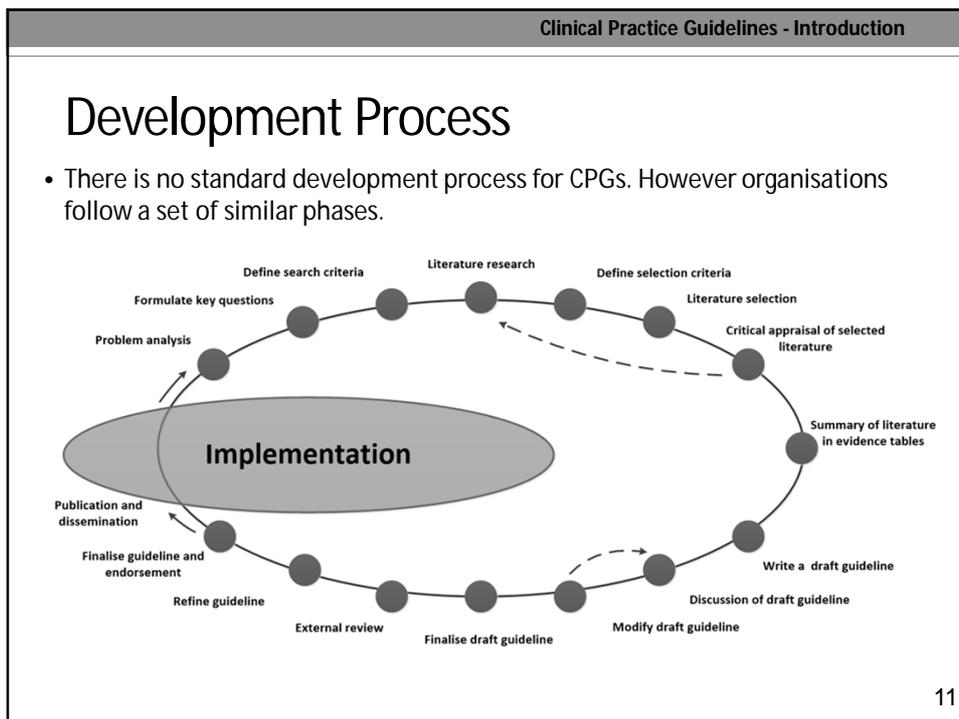
Rigor in the
development
process

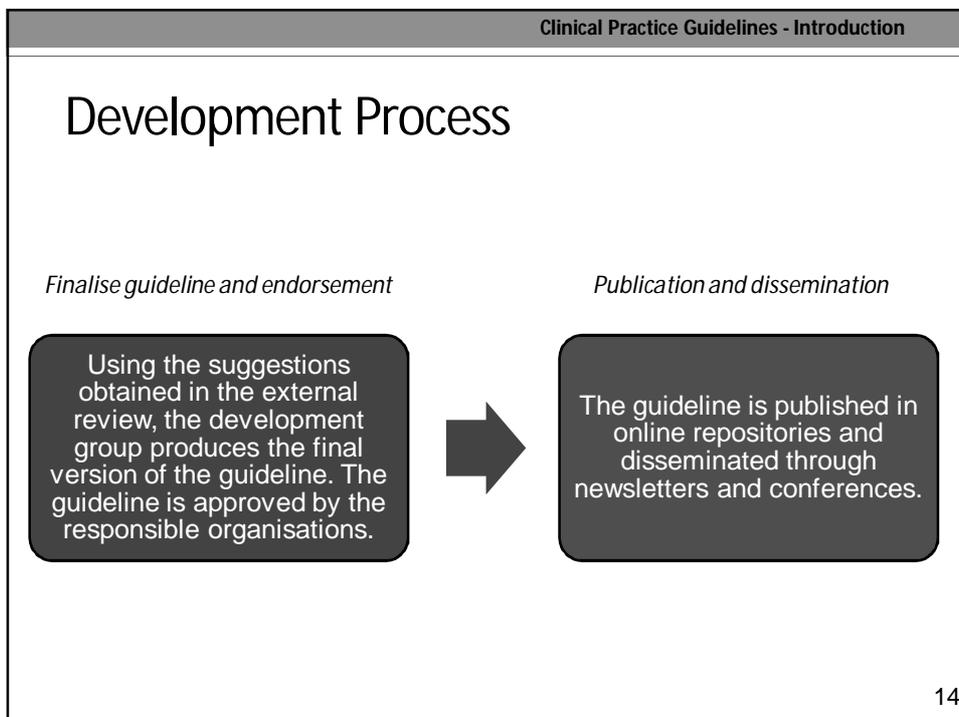
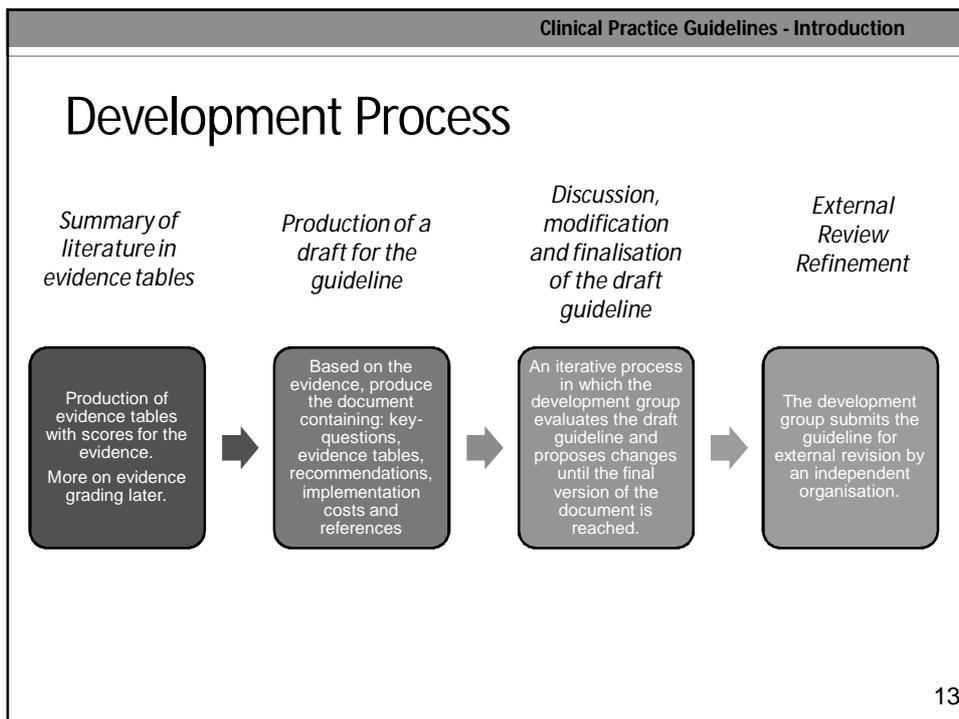
Clarity in the
presentation

Applicability

Editorial
independency

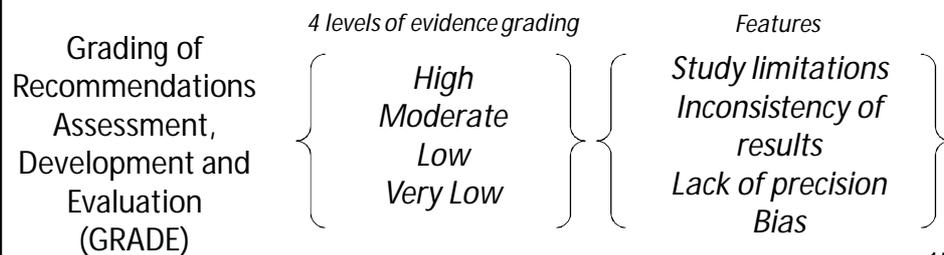
10





Development Process

- Evidence Grading
 - Each organisation implements its *ad-hoc* grading system;
 - However, efforts haven made towards a unified grading system:



15

Important Organisations

- National Institute of Health (NIH)
<http://www.nih.gov/>
- Dutch Institute for Healthcare Improvement CBO
<http://www.cbo.nl/en/>
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)
<http://www.sign.ac.uk/>
- New Zealand Guidelines Group (NZGG)
<http://www.health.govt.nz/about-ministry/ministry-health-websites/new-zealand-guidelines-group>

16

Important Organisations

In Portugal:

- Direção Geral de Saúde

<http://www.dgs.pt/>

For the standardisation of CPGs:

- Guidelines International Network(G-I-N)
 - Comprises 92 organisations and 127 individual members representing 48 countries from all continents.

<http://www.g-i-n.net/>

17

Important Organisations

Centralised guideline repository:

- National Guideline Clearinghouse (NGC)

<http://guideline.gov/>

The screenshot shows the homepage of the National Guideline Clearinghouse (NGC). At the top, it features the U.S. Department of Health & Human Services logo and the URL www.hhs.gov. Below this is the AHRQ logo and the text 'Agency for Healthcare Research and Quality' with the tagline 'Advancing Excellence in Health Care' and the URL www.ahrq.gov/. A navigation bar includes links for 'Visit: National Quality Measures Clearinghouse | Health Care Innovations Exchange | AHRQ Home' and a 'Sign In' button. The main header area contains the NGC logo and a search bar with options for 'Help', 'RSS', 'Subscribe to weekly e-mail', 'Site map', 'Contact us', and 'For web developers'. A sidebar on the left lists navigation options: Home, Guidelines, Expert Commentaries, Guideline Syntheses, Guideline Resources, and Annotated. The main content area states 'NGC is a public resource for evidence-based clinical practice guidelines.' and features a search box with a 'GO' button and links for 'Search Tips', 'Advanced Search', and 'About Search'. Below the search box is a link to 'Show Advanced Search filters'. On the right, there is a 'Sign In to My NGC' section with a text area for saving favorite guideline summaries and organizations, and an 'E-mail:' field for alerts.

18

Benefits

- Reduce Medical Error

A medical error is defined as a mistake or error committed by a healthcare professional, which results in harm to the patient. It includes errors of execution and errors of planning. It usually results in an adverse event.

Kalra (2004)

5-80 times per **100 000** consultations

11% of all prescriptions

Sanders and Esmail (2003)

39% of adverse event incidence with **18%** preventability

Nicolleta et al. (2003)

108 errors in **64** patients

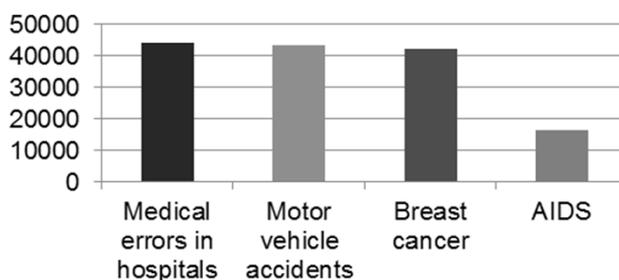
Proctor et al. (2003)

19

Benefits

- Reduce Medical Error

Number of Annual Deaths in the US



Institute of Medicine (2000)

20

Benefits

- Reduce Defensive Medicine

Ordering of treatments, tests and procedures for the purpose of protecting the physician from criticism rather than diagnosing or treating the patient.

Chawla et al. (2008)

8% of all diagnostic testing in the US is defensive

\$2 trillion attributable to defensive medicine

50% of women who will undergo mammography testing will receive a false positive

Chawla et al. (2008)

93 % physicians reported practicing defensive medicine

Studdert et al. (2005)

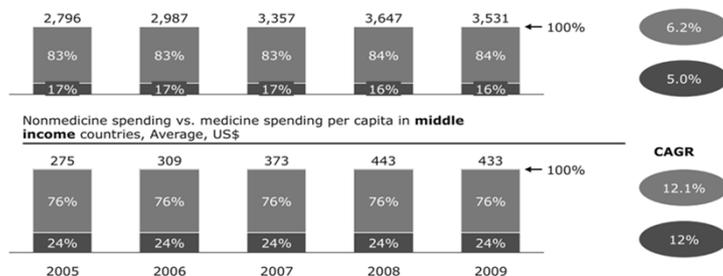
Benefits

- Reduce Defensive Medicine

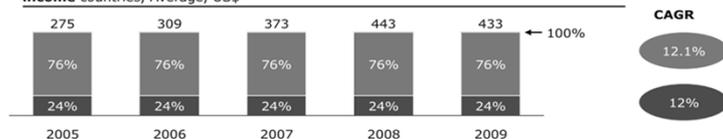
Revisiting medicine use is timely given rising healthcare costs and the impact the use of medicines can have to control health system costs and improve health outcomes

■ Nonmedicine spending per capita
■ Medicine spending per capita

Nonmedicine spending vs. medicine spending per capita in **high income** countries, Average, US\$



Nonmedicine spending vs. medicine spending per capita in **middle income** countries, Average, US\$



*Nonmedicine spending is calculated by subtracting pharmaceutical expenditure from total health expenditure per capita
Sources: IMS Institute for Healthcare Informatics, 2012; World Bank; WHO (latest available data for a subset of countries representing over 50% of each income group based on World Bank income groupings)

Shortcomings

- **Long textual** documents that are difficult to consult at the moment of care;
- Difficult maintenance: **updating** and **modifying**;
- Healthcare professionals argue that they **stifle change** and innovation. Moreover, they consider that CPGs are **strict rules** that do not take into account the social, economical and cultural contexts where the medical practice is developed.

23

Shortcomings

- Sometimes the documents show some form of **ambiguity**

Syntactic

- Syntactic ambiguity occurs when the structure of a statement is not clear, thus impeding its correct interpretation.
- Misplaced (or lack of) punctuation and wrongfully applied Boolean connectors are some of the causes of syntactic ambiguity.

Semantic

- Characterized by situations where terms can be interpreted in more than one way.
- Misuse of abbreviations, such as the case of the word "cold", which in the context of a guideline can mean "common cold", "cold sensation" or "Chronic Obstructive Lung Disease".

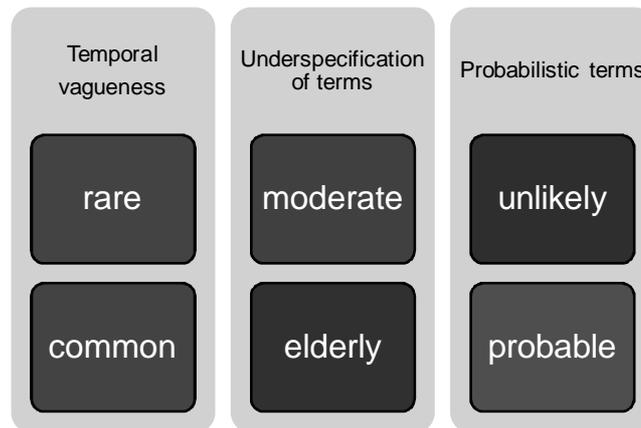
Pragmatic

- It happens when the recommendations of CPGs are not consistent or are conflicting with each other.

24

Shortcomings

- The vocabulary used may also denote **vagueness**



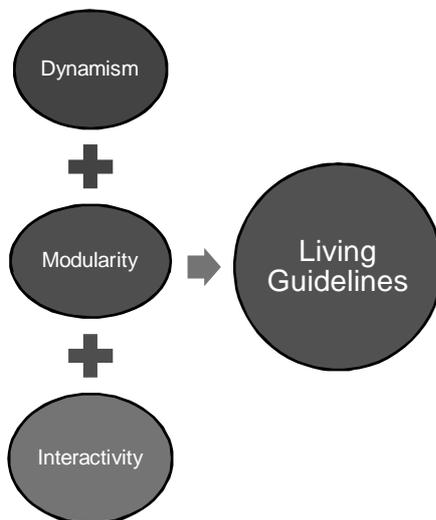
25

The role of AI in guideline application

- AI is a field of study that aims to explain and **emulate intelligent behaviour** in computational processes. It is the branch of computer science that is concerned with the automation of intelligence;
- AI in Medicine** is more focused on giving support to healthcare workers rather than trying to replace them.
- Using knowledge representation formalisms, it is possible to create **structured representations** of CPGs for Clinical Decision Support Systems.
- This way, guidelines acquire a set of desirable features, namely...

26

The role of AI in guideline application



CPGs in **constant change**, that are easy to update and modify.

These guidelines are modeled as **modules of knowledge**, easily reusable inside other guidelines.

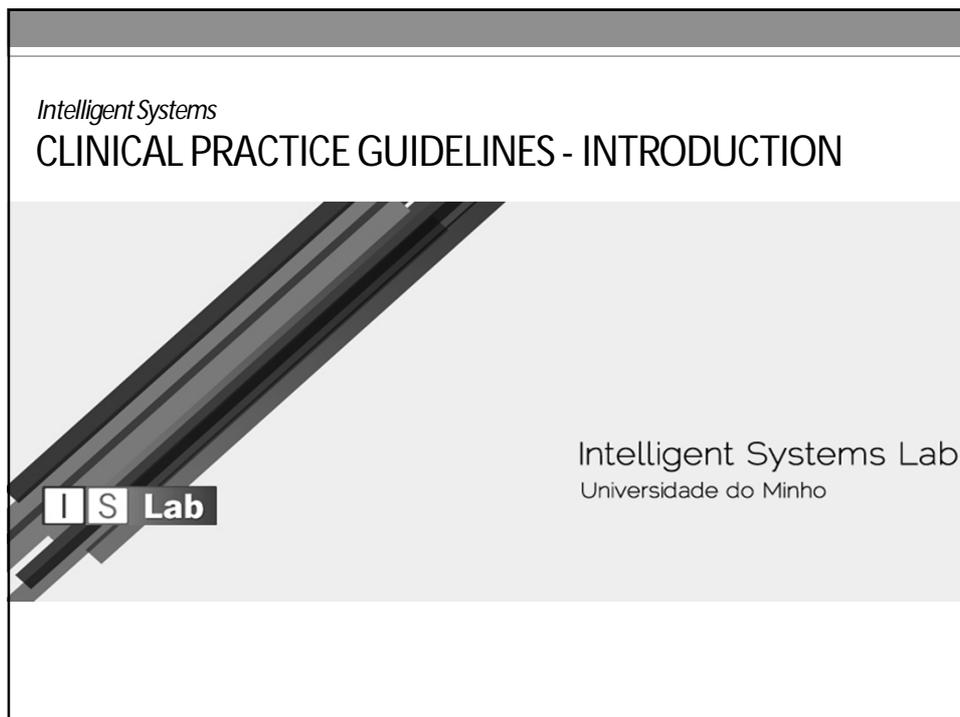
By being integrated in Clinical Decision Support Systems, they provide an **interactive clinical process**. They are fed with the information provided by healthcare professionals and give real-time recommendations.

27

In the next session...

- Clinical Decision Support Systems
- Computer-Interpretable Guidelines

28





Clinical Decision Support Systems and Computer-Interpretable Guidelines

Summary

- **Clinical Decision Support Systems**
 - Definition
 - Functions
 - Examples
- **Computer-Interpretable Guidelines**
 - Definition
 - Benefits of Implementation
 - Approaches to the Development of Computer-Interpretable Guidelines (CIGs)
 - Existing Models
 - Requirements of CIG models
 - Shortcomings

2

Objectives

- Understand the function of Clinical Decision Support Systems;
- Identify the main models for Computer-Interpretable Guidelines and their main features;
- Identify systems that support the existing models and point the differences between them;
- Identify the main requirements of CIG systems;
- Determine the shortcomings of the current models/systems;

3

CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS

Clinical Decision Support Systems

- The initial focus of **Artificial Intelligence in Medicine (AIM)** was the development of systems capable of **performing diagnosis** and **making therapy recommendations**.

HOWEVER...

- The perspective of **substituting** healthcare professionals was not well received;
- The performance of these systems was not sufficiently good for them to be taken seriously;
- As a consequence, the focus of AIM shifted from making a decision to **supporting a decision**.

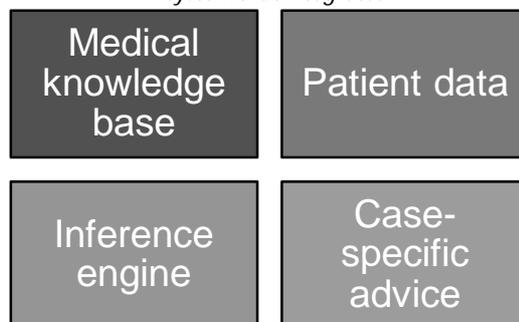
5

Clinical Decision Support Systems

• Definition

Active knowledge systems that use items of patient data to generate case-specific advice.

A system that integrates:



6

Clinical Decision Support Systems and Computer-Interpretable Guidelines

Clinical Decision Support Systems

• Functions

Administrative	Management of Clinical Complexity	Cost Control	Decision Support
<ul style="list-style-type: none"> Support the coding of medical information; Documentation, authorization of procedures. 	<ul style="list-style-type: none"> Tracking of patients during treatment processes and inside healthcare institutions. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitor medication orders and complementary means of diagnosis. 	<ul style="list-style-type: none"> Support diagnosis and treatment; Promote the use of best practices; Condition-specific guidelines.

7

Clinical Decision Support Systems and Computer-Interpretable Guidelines

Clinical Decision Support Systems

• Examples

<p>Designed to interpret ECGs.</p> <p>Diagnosis of heart arrhythmias.</p> <p>Based on Machine Learning.</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">KARDIO</p>	<p>General purpose system.</p> <p>Set of modules, known as Help Sectors that contain the clinical knowledge in the form of logical rules.</p> <p>Developed at the University of Utah.</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">HELP</p>	<p>Acts on a set of clinical findings (signs, symptoms, laboratory data) to produce a ranked list of diagnoses which might explain (or be associated with) the clinical manifestations.</p> <p>Access to a data base of the crude probabilities of over 4500 clinical manifestations associated with over 2000 different diseases.</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">DXplain</p>	<p>Rule-based expert system designed to diagnose and recommend treatment for certain blood infections.</p> <p>IF-THEN rules.</p> <p>Certainty factors attached to diagnoses.</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">MYCIN</p>
---	---	---	---

8

Clinical Decision Support Systems

- More on CDSSs and the use of Information Technologies (IT) and Artificial Intelligence (AI) in Medicine on:

- Open Clinical

<http://www.openclinical.org/>

9

COMPUTER-INTERPRETABLE GUIDELINES

Computer-Interpretable Guidelines

- Definition

Representations of clinical guidelines in a **structured digital format**, suitable for being interpreted by **machines**.

Living Guidelines

Since the end of the 1980s different CIG models have been proposed along with software tools that enabled their **automatic processing**.

11

Computer-Interpretable Guidelines

- Benefits of Implementation

- Identification of all the requirements to make a decision and enable a decision only when they are gathered;
- Development of tools to verify syntactic and semantic validity;
- Reuse of knowledge. The possibility of linking guidelines together or use a guideline within another;
- Easier updating operations;
- Friendlier display of knowledge.

12

Computer-Interpretable Guidelines

• Approaches to the development of CIGs

Document-centric

- Using mark-up tools on the original guideline documents;
- The original document is annotated to produce a more structured format with defined elements.

Model-centric

- A representation model is defined;
- The acquisition of guidelines in the new model is done directly by healthcare professionals into the model;
- Great emphasis on the interface.

13

Computer-Interpretable Guidelines

• Approaches to the development of CIGs

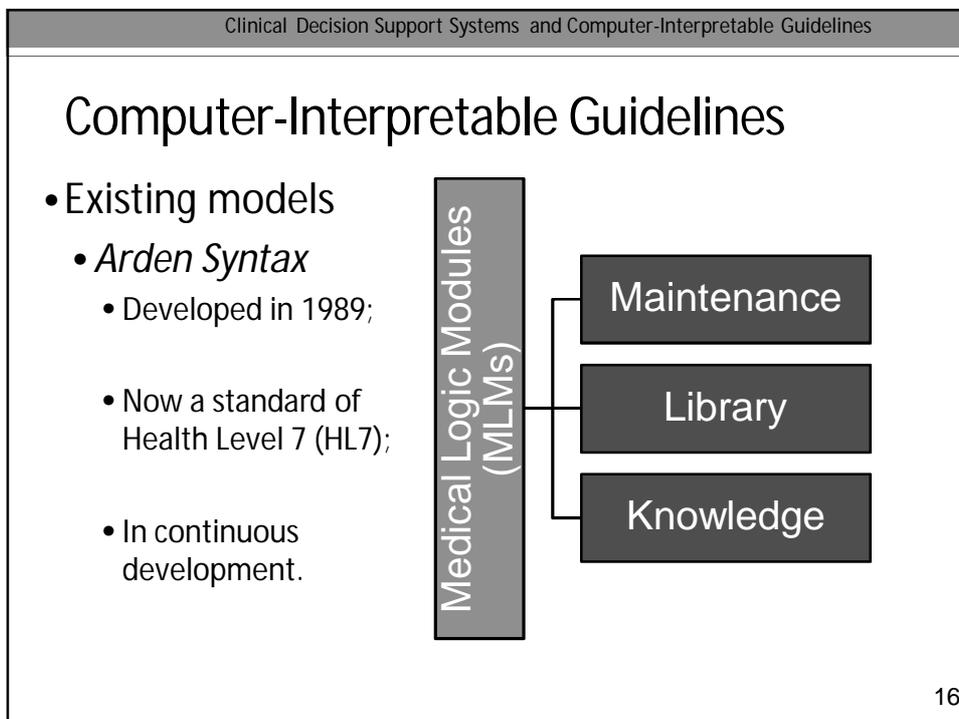
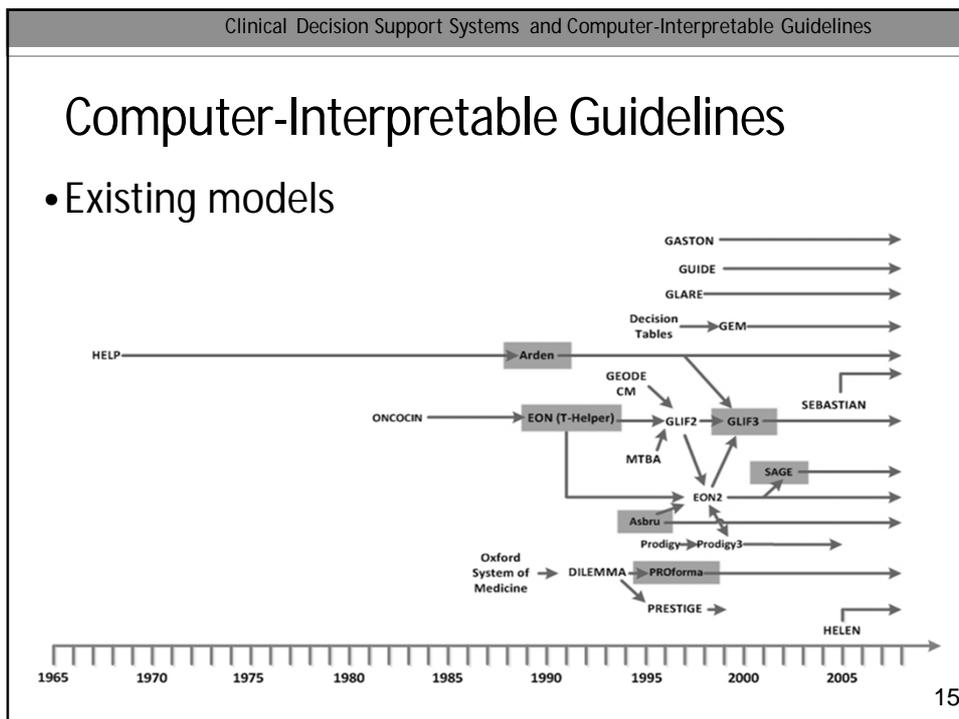
Examples of tools for document-centric acquisition of guidelines include: GEM Cutter, Stepper and DELT/A.

Identification of elements in the text of the guideline.

Semantic tagging of the elements.

Mapping to a structured model.

14



Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models

- Arden Syntax*

```

maintenance:
  title: Alert on low hematocrit;;
library:
  purpose: Warn provider of new or worsening anemia.;;
knowledge:
  type: data-driven;;
data:
  blood_count_storage := event {'complete blood count'};
  hematocrit := read last {'hematocrit'};
  previous_hct := read last ({'hematocrit'} where it occurred before
    the time of hematocrit);;
  evoke: blood_count_storage;;
logic:
  if hematocrit is not number then conclude false; endif;
  if hematocrit <= previous_hct-5 or hematocrit<30 then conclude true;
  endif;;
action:
  write " The patient's hematocrit ("|| hematocrit ||") is low or
    falling rapidly.;;";
end:

```

17

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models

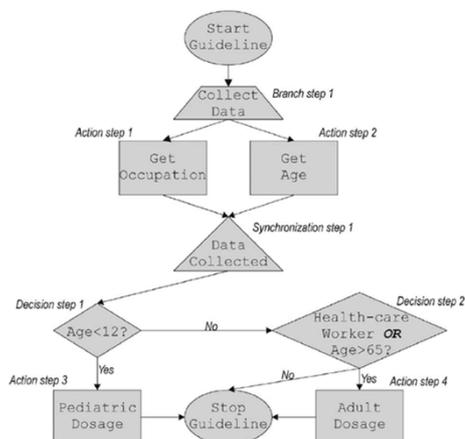
- Guideline Interchange Format (GLIF)*

- Developed in 1998 (GLIF3);

- Created by Intermed Collaboratory;

- Follows a Task Network Model (TNM);

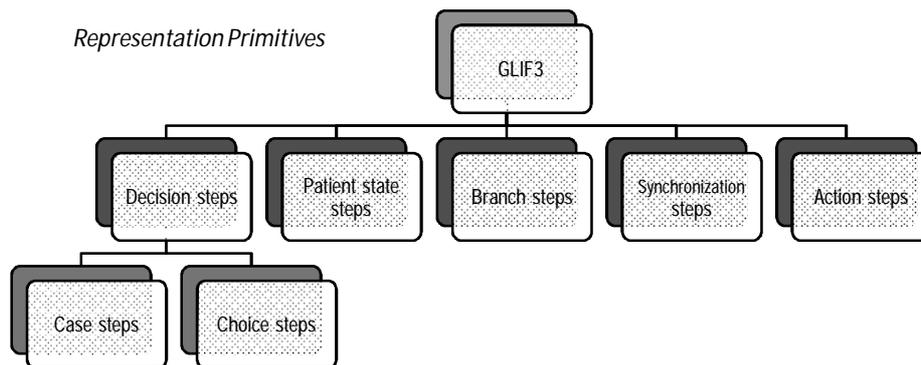
- Guidelines as flowcharts.



18

Computer-Interpretable Guidelines

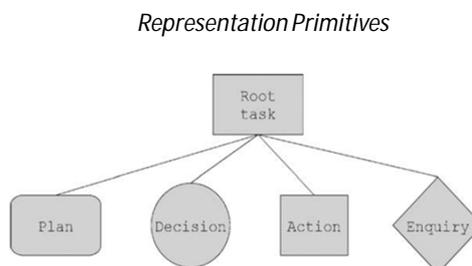
- Existing models
 - *Guideline Interchange Format (GLIF)*



19

Computer-Interpretable Guidelines

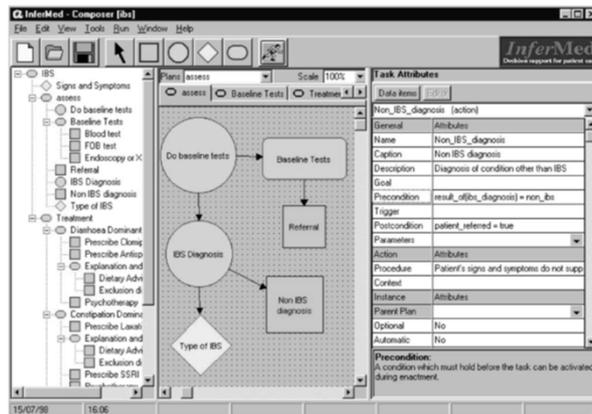
- Existing models
 - *PROforma*
 - Developed in the middle of the 1990s;
 - Created by the Advanced Computation Laboratory of Cancer Research ;
 - Also follows a Task Network Model (TNM);
 - Guidelines as a graph where every node represents a task.



20

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models
 - *PROforma*



21

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models
 - *Asbru*
 - Developed in the middle of the 1990s;
 - Resulted from a collaboration between Stanford University and Vienna Technology University;
 - Guidelines defined as knowledge roles;
 - Emphasis on temporal restrictions on the execution of tasks.

22

Clinical Decision Support Systems and Computer-Interpretable Guidelines

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models
 - *Asbru*

Knowledge Roles

Preferences	}	• Restrictions on the execution of a plan, in order to achieve a given objective are defined by preferences.
Intentions	}	• Objectives of a plan defined as values for clinical parameters that must be achieved.
Conditions	}	• Conditions that must hold for a plan to be considered applicable, conditions that determine the suspension of a plan and conditions that determine the abortion of a plan.
Effects	}	• Describes the functional relationship between the plan arguments and the measurable parameters, describing how they influence each other.
Plan body	}	• Is composed of other plans until they are no longer decomposable, reflecting a parent-child structure. The plans that cannot be decomposed are called actions.

23

Clinical Decision Support Systems and Computer-Interpretable Guidelines

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models
 - *Asbru*

Temporal Annotations

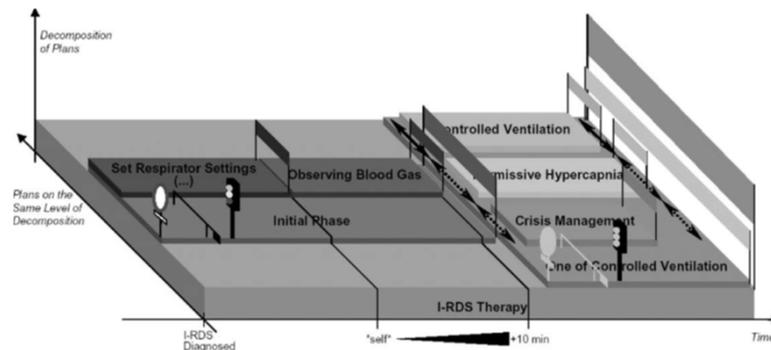
Earliest Starting Shift (ESS)	Latest Starting Shift (LSS)	Earliest Finishing Shift (EFS)
Latest Finishing Shift (LFS)	Maximum Duration (MaxDu)	Minimum Duration (MinDur)

24

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models

- *Asbru*



25

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models

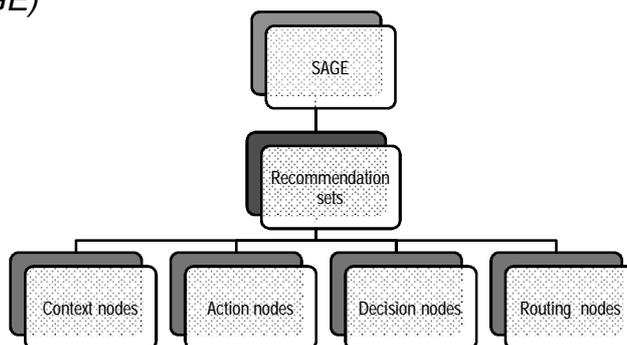
- *Standards-Based Sharable Active Guideline Environment (SAGE)*

- The result of collaboration of 6 research groups (IDX Systems, Nebraska Medical Center, Intermountain Health Care, Apelon Inc., Stanford Medical Informatics and the Mayo Clinic);
 - A guideline is a recommendation set, which is composed as a graph of nodes;
 - Emphasis on standards.

26

Computer-Interpretable Guidelines

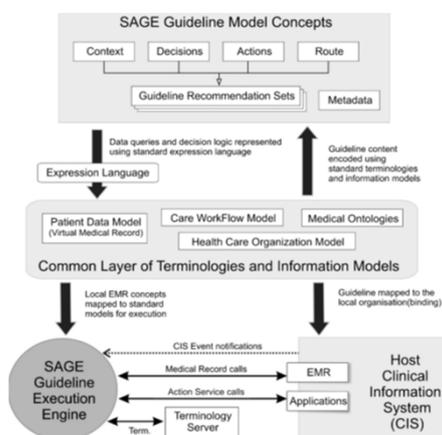
- Existing models
 - Standards-Based Sharable Active Guideline Environment (SAGE)



27

Computer-Interpretable Guidelines

- Existing models
 - Standards-Based Sharable Active Guideline Environment (SAGE)



28

Clinical Decision Support Systems and Computer-Interpretable Guidelines

Computer-Interpretable Guidelines

- Requirements of CIG models

```

graph TD
    A[Task Representation Primitives] --> B[Workflow Constraints (ordering of tasks)]
    A --> C[Temporal Constraints]
    B --> D[Clinical Constraints]
    B --> E[Decision criteria]
    C --> F[Reuse of Knowledge]
    
```

29

Clinical Decision Support Systems and Computer-Interpretable Guidelines

Computer-Interpretable Guidelines

- Shortcomings

```

graph TD
    A[Absence of terminology and information standards] --> C((Development Perspectives))
    B[Proficiency in languages to formalize logical rules and temporal constraints] --> C
    D[Software tools are not user friendly] --> C
    E[The existing tools do not handle incomplete information in the clinical process] --> C
    F[Lack of real life application] --> C
    G[Degree of complexity of the models] --> C
    
```

30

In the next session...

- Ontologies
- Ontology Web Language (OWL)
- CompGuide – ontology for Computer-Interpretable Guidelines

31

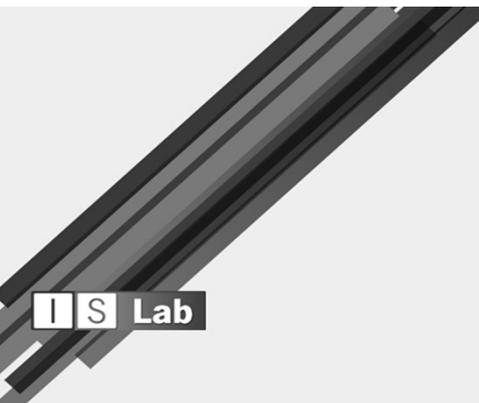
Intelligent Systems

CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS
AND COMPUTER-INTERPRETABLE GUIDELINES

I S Lab

Intelligent Systems Lab
Universidade do Minho

Intelligent Systems
ONTOLOGY WEB LANGUAGE AND PROTÉGÉ



IS Lab

Intelligent Systems Lab
Universidade do Minho

Ontology Web Language and Protégé

Summary

- **Ontologies**
 - What is an Ontology?
 - Developing Ontologies – Considerations
 - Ontology Web Language
- **Protégé**
 - Installing Protégé
 - Creating a new Ontology
 - Entities
 - Ontology Definition
 - Practical Example – Family Ontology
- **Bibliography**

2

ONTOLOGIES

Ontologies

- What is an Ontology?

A formal explicit description of:

Concepts	Properties	Restrictions
<ul style="list-style-type: none"> • In a domain of discourse; • classes (sometimes called concepts). 	<ul style="list-style-type: none"> • Of each concept describing various features and attributes of the concept; • Slots (sometimes called roles or properties). 	<ul style="list-style-type: none"> • On slots (facets (sometimes called role restrictions)).

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Why develop an Ontology?

- To share common understanding of the structure of information among people or software agents.
- To enable reuse of domain knowledge.
- To make domain assumptions explicit.
- To separate domain knowledge from the operational knowledge.
- To analyse domain knowledge.

5

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

What questions should the Ontology answer?

- Ontology as a Knowledge Base.

What is the underlying domain?

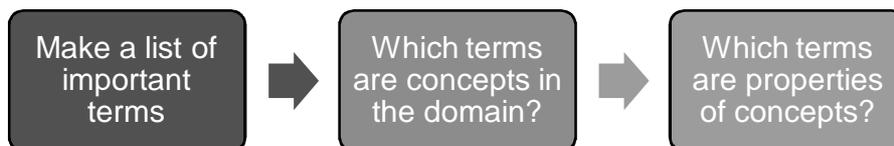
- Limiting a domain is complex.
- May change during the Ontology development process.

6

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Preparing the Domain



7

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Standards for Class Development

- Classes should be either **singular** or plural.
 (ex: *Man is a Persons*)
- Exception:** When a concept only has one form.
- Class** represents the concept, not the word used.
 (ex: *Pen and Ballpoint refer to the same concept*)
- Synonyms and Translations may be added as annotations to classes.

8

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Define Hierarchy of Classes

- Hierarchies are created by **is-a** and **kind-of** relations.
 - (ex: *Man is-a Person; Dog kind-of Animal*)
- Subclasses should be at the same level of generalization.
 - (ex: *Caucasian and Portuguese should not be siblings*)
- Number of siblings on a class should be between 2 and 12.

9

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Define Hierarchy of Classes

- Hierarchy should be Transitive.
 - (ex: *If C is-a B and B is-a A then C is-a A*)
 - (ex: *Dog is-a Pet and Pet is-a Animal, then Dog is-a Animal*)
- Multiple Inheritance: a class may be a subclass of several classes.
 - (ex: *Chicken is-a Animal and Chicken is-a Food*)
- Disjoint Classes: when classes should not share instances.
 - (ex: *Man and Woman are commonly Disjoint*)

10

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Is X a new Class or a Subclass?

- Does X have properties which its superclass does not?
- Does X have different restrictions from its superclass?
- Is X involved in relations in which its superclass is not?
- If yes to any or yes to all, than X is a new class.
- Otherwise *COMMON SENSE HELPS!*

11

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Is X a Class or a Property?

- Is X an important term in the Domain?
- It depends on the Domain!
- Properties usually represent the most generic concepts?
- Again *COMMON SENSE HELPS!*

12

Ontologies

- Developing Ontologies - Considerations

Is X a Class or an Instance?

- It depends on the Granularity of the representation.
- It depends on the application of the Ontology.
- May X have instances? Then it is a Class.
 - (ex: *Maria cannot have instances* - Instance)
 - (ex: *Car can have instances (BMW)* - Class)

13

Ontologies

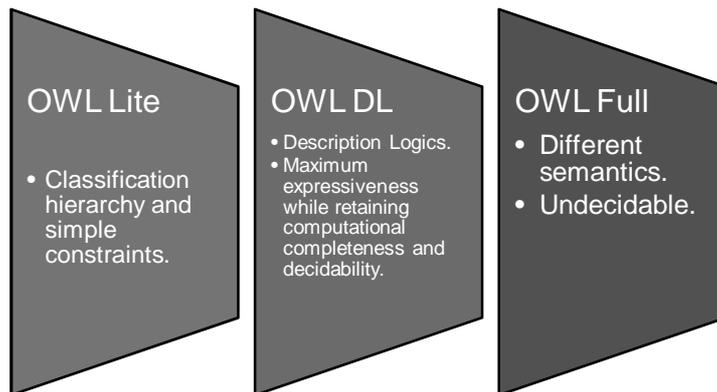
- Ontology Web Language (OWL)
 - Standard developed by the World Wide Web Consortium (W3C).
 - OWL 2
 - This formalism facilitates machine interpretability and is built upon other technologies such as XML, RDF and RDF-schema.

14

Ontologies

- Ontology Web Language (OWL)

- Sublanguages of OWL 2:



15

PROTÉGÉ

Protégé

- Installing Protégé

- Go to: <http://protege.stanford.edu/>
- Then go to Downloads
- Protégé 4.1 release
 - Platform Independent
 - Select the OS version
 - Include the JVM, if **necessary**.

17

Protégé

- Installing Protégé

- Launch Protégé.
- Select “Create New OWL ontology”.
- Choose the URI.
- Choose a directory to store the Ontology.

18

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Creating a new Ontology

19

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Creating a new Ontology

$$O = (C, H, I, R, P, A)$$

20

Protégé

- Entities

- Classes/ Concepts

- Restrictions, Enumerations and Partitions

- Individuals/Instances

- Properties/Relations (Object and Data)

21

Protégé

- Entities

Classes

Description: Thing	
Equivalent To +	Completion (Defined class) Necessary and Sufficient Conditions
SubClass Of +	Partiality (Primitive class) Necessary Conditions
SubClass Of (Anonymous Ancestor)	Inheritance from the superclass
Members +	Instances of the class
Target for Key +	Properties that uniquely identify the individuals of the class
Disjoint With +	Classes with which instances cannot be shared
Disjoint Union Of +	A class C is the union of the class expressions CE_i , $1 \leq i \leq n$, where all CE_i are disjoint.

22

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Entities

Classes

NamedClass

→ implies

NECESSARY CONDITIONS

Condition

Condition

Condition

Condition

If an individual is a member of 'NamedClass' then it must satisfy the conditions. However if some individual satisfies these necessary conditions, we cannot say that it is a member of 'Named Class' (the conditions are not 'sufficient' to be able to say this) - this is indicated by the direction of the arrow.

NamedClass

↔ implies

NECESSARY & SUFFICIENT CONDITIONS

Condition

Condition

Condition

Condition

If an individual is a member of 'NamedClass' then it must satisfy the conditions. If some individual satisfies the conditions then the individual must be a member of 'NamedClass' - this is indicated by the double arrow.

23

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Entities

Individuals

Description:

Types +
Classes to which the Individual belongs

Same Individual As +
(ex: Clooney, George Clooney)

Different Individuals +
(ex: UCLA, MIT)

Property assertions:

Object property assertions +

Data property assertions +

Negative object property assertions +

Negative data property assertions +

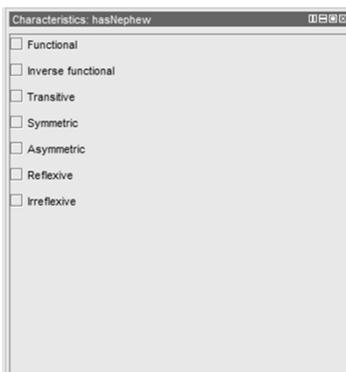
Relations in which the individuals participate, with respective concrete values.

24

Protégé

- Entities

Object Properties



Functional: X can only be related with one Y
(ex: $R = \text{hasMother} \mid X \text{ hasMother } Y$)

Inverse functional: the inverse property is functional
(ex: $R = \text{IsMotherOf} \mid \text{its inverse is } \text{hasMother}$)

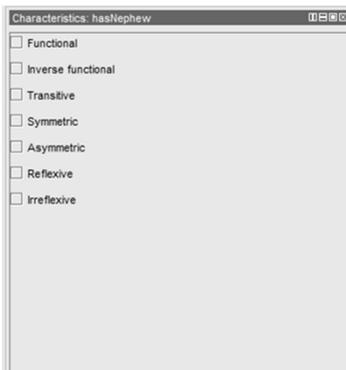
Transitive: if a R b and b R c then a R c
(ex: $R = \text{hasAncestor} \mid X \text{ hasAncestor } Y \text{ and } Y \text{ hasAncestor } Z \text{ then } X \text{ hasAncestor } Z$)

25

Protégé

- Entities

Object Properties



Symmetric: If a R b then b R a
(ex: $R = \text{hasSibling} \mid X \text{ hasSibling } Y \text{ and } Y \text{ hasSibling } X$)

Asymmetric: If a R b then not b R a
(ex: $R = \text{hasFather} \mid X \text{ hasFather } Y \text{ and not } Y \text{ hasFather } X$)

Reflexive: a R a
(ex: $R = \text{knows} \mid X \text{ knows } X$)

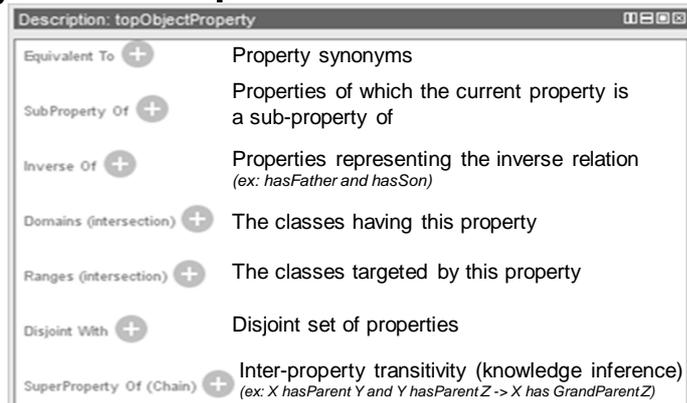
Irreflexive: not a R a
(ex: $R = \text{hasBrother} \mid X \text{ hasBrother } X$)

26

Protégé

- Entities

Object Properties



27

Protégé

- Entities

Data Properties

- Mainly applied to **Individuals**
 - Normally it is **too general** to define a concrete value for a class.
 - (ex: *Woman hasAge 25::Integer*)
- Can only be Functional
 - (ex: *Mary hasAge 25::Integer*)

28

Protégé

- Entities

Partitions (Advanced Classes)

- Classes based on Partition
- Used to refine class descriptions
- Restrict the Range
- Partitions cover the possible Range of Values
 - (ex: *Child* is covered by *Daughter* and *Son*)
 - A cover axiom is: *Child* is *Daughter* or *Son*
 - Daughter* and *Son* are Disjoint

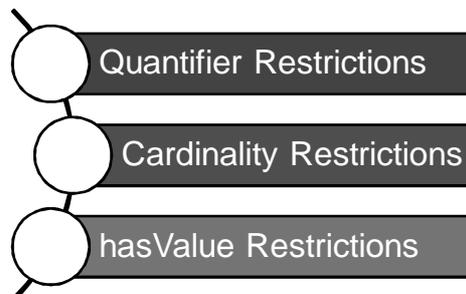
29

Protégé

- Entities

Restrictions (Advanced Classes)

- Classes based on the properties their members may have



30

Protégé

- Entities

Restrictions (Advanced Classes)

- Quantifier Restrictions

- Existential (some) or Universal (only)

- (ex: R **some** Y – means: class of individuals with **at least one** R relationship to Y)

- (ex: R **only** Y – means: class of individuals with **all** R relationships to Y)

- Cardinality Restrictions

- Minimum (min), Maximum (max) Exact (exactly)

- (ex: R **min 3** Y – means: class of individuals with **minimum of 3** R relationship to Y)

- (ex: R **max 2** Y – means: class of individuals with **at most 2** R relationships to Y)

- (ex: R **exactly 1** Y – means: class of individuals with **exactly 1** R relationships to Y)

31

Protégé

- Entities

Restrictions (Advanced Classes)

- hasValue

- Specifically Valued (value)

- (ex: R **value** Y – means: class of individuals with **at least one** R relationship with the value Y)

32

Protégé

- Entities

Reasoning

- Reasoners that check the consistency of the Ontology
- Protégé uses Fact++ as default
- It helps on inferring new knowledge
 - (ex: *An individual that belongs to two disjoint classes*)

33

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Terms

Gender	Sister	Female	Child
Parent	Mother	Person	Daughter
Brother	Father	Relative	Aunt
Sibling	Son	Uncle	Nephew
	Niece	Male	

34

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Hierarchies

<p>Gender</p> <ul style="list-style-type: none"> Male Female <p>Person</p> <ul style="list-style-type: none"> Child Daughter Son 	<p>Parent</p> <ul style="list-style-type: none"> Mother Father <p>Sibling</p> <ul style="list-style-type: none"> Brother Sister 	<p>Relative</p> <ul style="list-style-type: none"> Aunt Uncle Nephew Niece
---	---	--

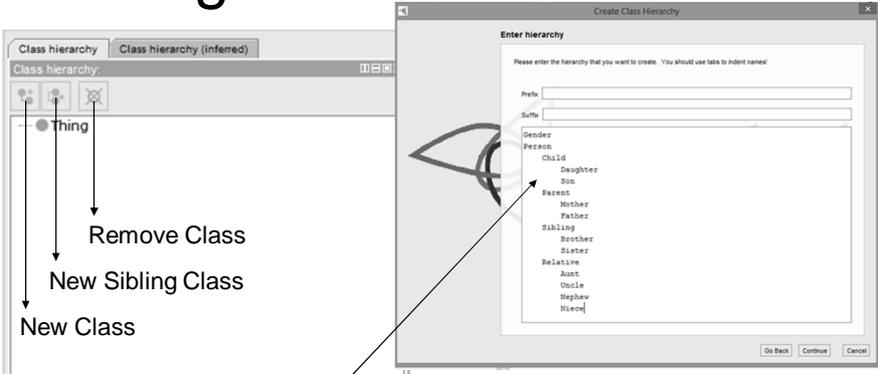
35

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Adding Classes



All at once:
Tools – Create Class Hierarchy

36

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Other Class Operations

- ❑ Make Siblings Disjoint:
 - ❑ Select First Sibling and
 - ❑ Edit – Make primitive siblings disjoint

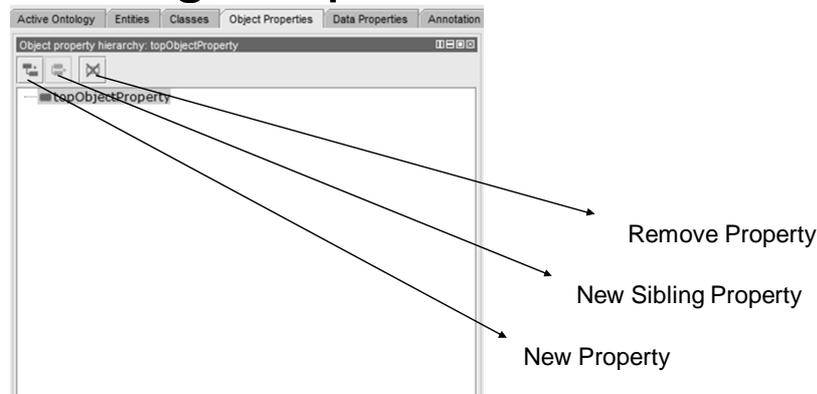
- ❑ Make Defined Class from Primitive
 - ❑ Select Primitive Class and
 - ❑ Edit – Convert to defined class

37

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Adding Properties



38

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

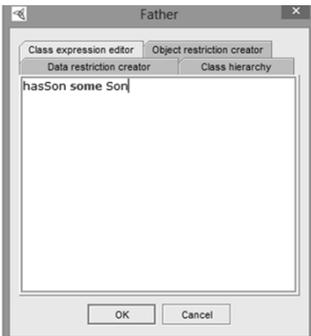
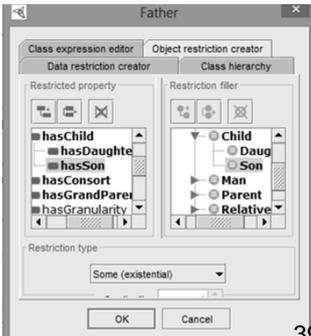
- Practical Example – Family Ontology

Class Restrictions

SubClass Of  → Restriction Creator Trigger

Restriction Operators: some, only
| min x, max x, exactly
x | value

Set Operators: or,
and, not

39

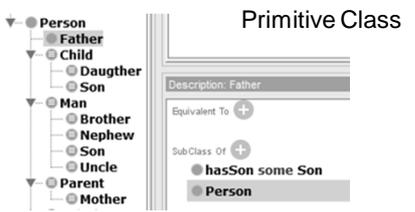
Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Necessary and Sufficient Conditions

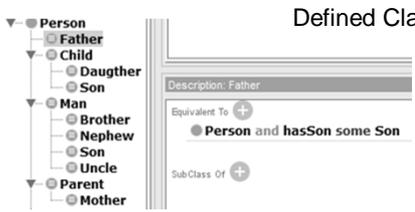
Primitive Class



Individuals of Father **are** a Person and are in 'hasSon' relationship with **at least one** individual Son.

X implies Y
or
X necessarily holds Y

Defined Class



Any individual which **is** a Person and is in 'hasSon' relationship with **at least one** individual Son, **is also** a Father.

X if and only if Y
or
It suffices Y for X

40

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Partitions

Description: Brother

Equivalent To +

Brother or Sister

Disjoint Classes

◇ Brother

◇ Sister

Cover Axiom

41

Ontology Web Language and Protégé

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Data Properties

New Data Property

New Sibling Property

Remove Data Property

Data property hierarchy: topDataProperty

- Age
- hasFinishTime
- hasStartTime
- hasTime

Annotations: Age

Annotations +

The data type of the property.

Characteristics: Functional

Description: Age

Equivalent To +

SubProperty Of +

Domains (intersection) +

- Person

Ranges +

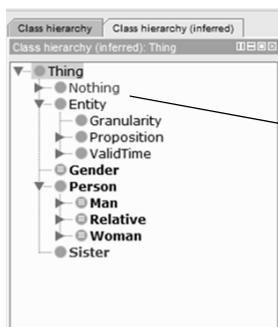
- Integer

42

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Reasoner



Reasoner -> Fact++
Reasoner -> Classify

Inconsistency Problems are marked in red and are placed under the Nothing Class.

Asserted Classes: User-defined classes
Inferred Classes: Reasoner-discovered classes and hierarchy.

43

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Individuals

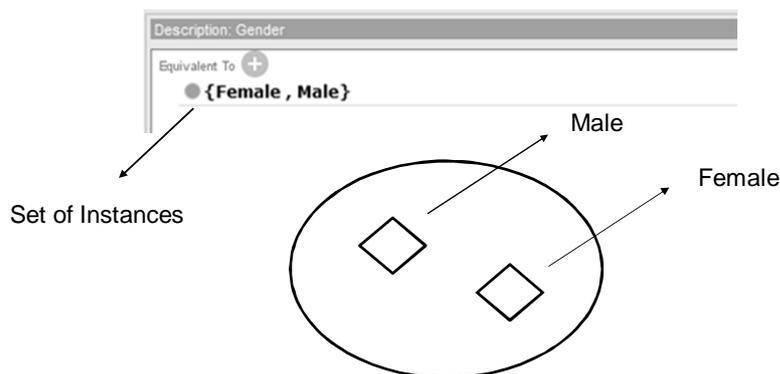
Add New Individuals

44

Protégé

- Practical Example – Family Ontology

Enumerations



45

Bibliography

1. Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. In *Development*, vol. 32, Nr. 1, pp. 1-25. 2001.
1. Ivo Serra and Rosario Girardi. A Process for Extracting Non-Taxonomic Relations of Ontologies from Text. In *Intelligent Information Management*, vol. 3, Nr. 4, pp. 119-124. July, 2009.
2. M. Horridge and H. Knublauch and A. Rector and R. Stevens and C. Wroe. *A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools*. The University Of Manchester, vol 27, pp. 0-117. 2004.
1. OWL Web Ontology Language Overview: <http://www.w3.org/TR/owl-features/> . 2004.

46

Acknowledgements

- Nuno Oliveira, Doctoral Student at the High-Assurance Software Laboratory (HASLab), University of Minho.

47

In the next session...

- CompGuide – ontology for Computer-Interpretable Guidelines

48

Intelligent Systems
ONTOLOGY WEB LANGUAGE AND PROTÉGÉ

IS Lab

Intelligent Systems Lab
Universidade do Minho

The slide features a header with the text "Intelligent Systems" and "CompGuide – Ontology for Clinical Practice Guidelines". The background is light gray with a dark gray diagonal band. On the left, there is a logo consisting of three vertical bars of increasing height, followed by the text "I S Lab". On the right, the text "Intelligent Systems Lab" and "Universidade do Minho" is displayed.

Intelligent Systems
CompGuide – Ontology for Clinical Practice Guidelines

I S Lab

Intelligent Systems Lab
Universidade do Minho

The slide has a dark gray header with the text "CompGuide – Ontology for Clinical Practice Guidelines". The main content area is white and contains the title "Summary" and a bulleted list of topics. The number "2" is located in the bottom right corner.

CompGuide – Ontology for Clinical Practice Guidelines

Summary

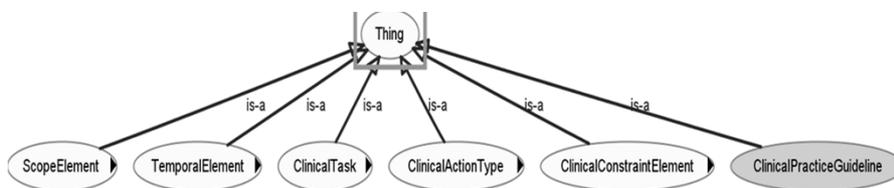
- **CompGuide**
 - Introduction
 - Representation of Administrative Information
 - Construction of Workflow Procedures
 - Definition of Temporal Constraints
 - Definition of Clinical Constraints
 - Practical Assignment

2

CompGuide

• Introduction

- Model obtained from consulting domain experts and observing different clinical guidelines;
- A guideline is represented as a linked list of individuals belonging to different classes of tasks.

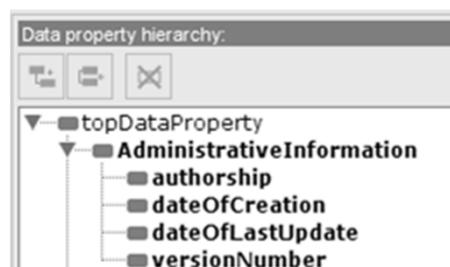


3

CompGuide

• Representation of Administrative Information

- A CPG is represented as an instance of the *ClinicalPracticeGuideline Class*;
- OWL has built-in data types that allow the expression of simple text, numeric values and dates.

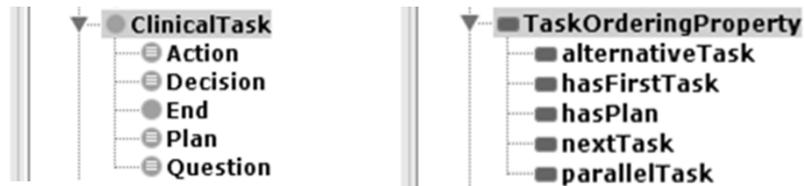


4

CompGuide

• Construction of Workflow Procedures

- Three main primitive classes under *ClinicalTask*;
- The tasks of an individual from *ClinicalPracticeGuideline* are all contained in an individual from *Plan*, to which it is linked through the *hasPlan* object property;
- A *Plan* contains any number of instances of the other tasks, including other *Plans*, and it is connected to its first task through the *hasFirstTask* property;
- The sequence of tasks is established by the *nextTask* property.



5

CompGuide

• Construction of Workflow Procedures

- The *Action* class represents a step performed by a healthcare professional that includes clinical procedures, clinical exams, medication recommendations and non-medication recommendations;
- The different types of actions are defined under *ClinicalActionType* and linked to the *Action* through the *hasClinicalActionType*;



6

CompGuide

• Construction of Workflow Procedures

- To express decision moments in the workflow, there is a *Decision* class;
- The association of a *Decision* with options and rules is done through object properties that connect them to instances from the *ClinicalConstraintElement* subclasses.

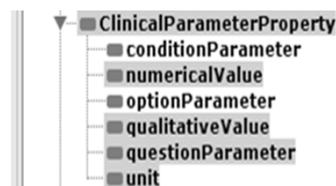


7

CompGuide

• Construction of Workflow Procedures

- The *Question* class is used to obtain information about a patient's health condition, more specifically about the clinical parameters necessary to follow the guideline;
- There are data properties created to specify the name of the parameter to be obtained and the units in which it should be expressed. Such properties are *string* data types named *questionParameter* and *unit*, respectively.

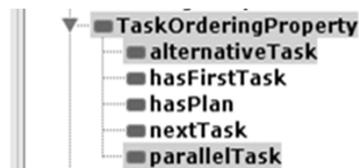


8

CompGuide

• Construction of Workflow Procedures

- The *End* class is used to signal the termination of the execution thread that is being followed and to indicate that the guideline reached its finishing point;
- The executions of parallel and alternative tasks are modelled by the *alternativeTask* and *parallelTask* properties.

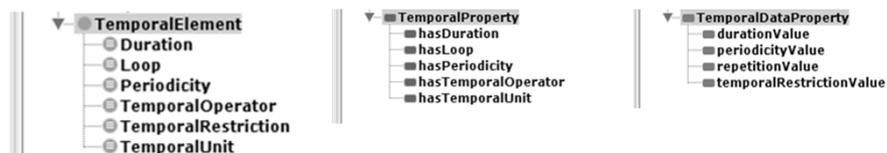


9

CompGuide

• Definition of Temporal Constraints

- The classes for the definition of temporal constraints are under the *TemporalElement* class;
- The *Duration* class specifies how long a task should last and is defined exclusively for *Plans* and *Actions*;
- The *TemporalUnit* class contains individuals that represent the different time units in which the *Duration* can be expressed, namely *second*, *minute*, *hour*, *day*, *week*, *month* and *year*;
- In the *Loop* class it is possible to define cycles for the executions of certain tasks (*Plans* and *Actions*). Each instance of *Loop* has a data property called *RepetitionValue* which is an integer that expresses the number of repetitions that a group of tasks is subjected to.



10

CompGuide

• Definition of Temporal Constraints

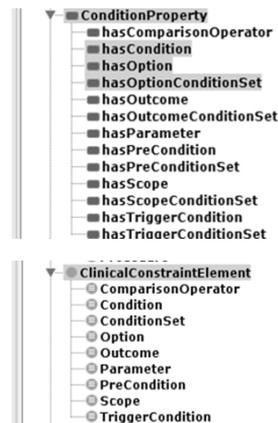
- Moreover, each instance also has a *hasPeriodicity* object property that connects it to individuals from the *Periodicity* class (another subclass of *TemporalElement*) which has the appropriate constructs, namely the *hasTemporalUnit* object property and the *periodicityValue* data property, to define the regular intervals at which the task is repeated;
- Another feature of the temporal properties is the possibility to define temporal restrictions in clinical constraints. For this purpose one associates a *TemporalRestriction* and a *TemporalOperator* to clinical conditions that must be met for a task to be executed:
 - *Somewhere in the past*: the condition manifested itself at some point in the past;
 - *Always in the past*: the condition manifested itself continuously during a time interval in the past; and
 - *Currently*: the condition is manifesting itself during the medical observations.

11

CompGuide

• Definition of Clinical Constraints

- The association of individuals from *Option* to *Decision* is done by the *hasOption* property;
- The number of times this property is used in a *Decision* is equal to the number of options the task presents;
- Each *Option* has a *optionParameter* data property and a *NumericalValue* or *QualitativeValue* data properties;
- The rules that dictate the option selection are provided by the *hasConditionSet* property, linking the individuals from this task to *ConditionSet*;
- Each *ConditionSet* is linked to one or more individuals from *Condition* through the *hasCondition* property;
- The *hasComparisonOperator* property connects individuals from *Condition* to *ComparisonOperator*. There, the following individuals were created: *equal to*, *greater than*, *greater or equal than*, *less than*, *less or equal than* and *different from*.

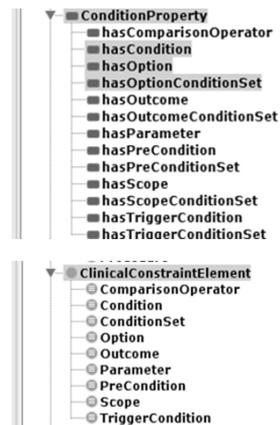


12

CompGuide

- Definition of Clinical Constraints

- *PreCondition*: is used for all types of tasks to express the requirements of the patient state that must be met before the execution of a task. For instance, when administering some pharmacological agent it should be known that the patient is not allergic to it;
- *TriggerCondition*: reference in the tasks that are up for selection (connected by the *alternativeTask* property) to the health condition of the patient;
- *Outcome*: class puts a restriction to *Plans* and *Actions* that are oriented by therapy goals.



13

Intelligent Systems

CompGuide – Ontology for Clinical Practice Guidelines

Intelligent Systems Lab
Universidade do Minho