

# SISTEMAS BASEADOS EM CONHECIMENTO

Diagnóstico de doenças em apiários

Desenvolvido por:  
Gonçalo Pereira(1201500)  
João Gaspar(1200884)

*Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto*  
*Sistemas de Informação e Conhecimento*  
*Sistemas Baseados em Conhecimento*  
*Luiz Felipe Rocha de Faria (LEF), João Miguel Ribeiro Carneiro (JRC)*

Porto, 12 de junho de 2024

# Conteúdo

<b>Lista de Figuras</b>	<b>iv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos do trabalho . . . . .	1
1.2 Perito . . . . .	2
<b>2 Conhecimento adquirido</b>	<b>3</b>
2.1 Modo de obtenção do conhecimento . . . . .	3
2.2 Sessões de aquisição do conhecimento . . . . .	3
2.3 Doenças Oportunistas no contexto apícola . . . . .	4
2.3.1 Varroose . . . . .	4
2.3.2 Nosemose . . . . .	5
2.4 Principais doenças não oportunistas, sintomas e terapias especializadas . .	5
2.4.1 Loque Americana . . . . .	6
2.4.2 Loque Europeia . . . . .	6
2.4.3 Ascosferiose . . . . .	6
2.5 Víroses . . . . .	7
2.5.1 Vírus da criação ensacada . . . . .	7
2.5.2 Acarapisose . . . . .	7
2.5.3 Vírus da Paralisia Aguda . . . . .	8
2.5.4 Envenenamento por pesticidas . . . . .	8
2.5.5 Fome . . . . .	9

---

2.6	Terapias não especializadas . . . . .	9
2.7	Sistematização do conhecimento obtido . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Implementação</b>	<b>17</b>
3.1	Abordagem a ter em consideração . . . . .	17
3.2	Detalhes da Implementação . . . . .	17
3.2.1	Estrutura das classes . . . . .	17
3.2.2	Coeficientes dos sintomas e ausência destes . . . . .	18
3.2.3	Lida com múltiplos sintomas comuns a uma doença com mesmo coeficiente . . . . .	20
3.2.4	Lida com múltiplos sintomas comuns a uma doença com diferentes coeficientes . . . . .	21
3.2.5	Lida com a incerteza . . . . .	22
3.2.6	Duplo diagnóstico . . . . .	24
3.2.7	Encerramento do sistema . . . . .	25
3.3	Otimização e Eficiência no Sistema . . . . .	26
3.3.1	Grau de Certeza mínimo para considerar um diagnóstico . . . . .	26
3.3.2	Importância dada ao peso dos sintomas na comunicação com o utilizador . . . . .	26
3.3.3	Utilização de variáveis em sintomas comuns para determinar se a pergunta já foi feita e a respetiva evidência registada . . . . .	27
3.3.4	Ordem pela qual as questões são realizadas . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>28</b>
4.1	Resumo do Projeto . . . . .	28
4.2	Implementação e Desafios . . . . .	28
4.3	Resultados e Benefícios . . . . .	29
4.4	Limitações e Trabalhos Futuros para funcionalidades novas . . . . .	29
4.5	Limitações e Trabalhos Futuros para mudança da implementação existente	29
4.5.1	Abordagem de pesquisa em profundidade . . . . .	29
4.5.2	Abordagem de pesquisa em largura . . . . .	30

---

4.5.3	Abordagem de força bruta . . . . .	30
4.6	Conclusão Final . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>31</b>

# Lista de Figuras

2.1	Fluxo das questões para o utilizador . . . . .	15
2.2	Diagrama representativo do conhecimento . . . . .	16
3.1	Classes Principais . . . . .	18
3.2	Sintoma Importante . . . . .	19
3.3	Sintoma Intermédio . . . . .	19
3.4	Sintoma Genérico . . . . .	19
3.5	Ausência de um Sintoma Importante . . . . .	20
3.6	Ausência de um Sintoma Intermédio . . . . .	20
3.7	Ausência de um Sintoma Genérico . . . . .	20
3.8	Sintomas comuns com coeficientes diferentes . . . . .	21
3.9	Sintoma comum com pouca importância . . . . .	22
3.10	Sintoma comum com importância intermédia . . . . .	22
3.11	Método capaz de lidar com a incerteza . . . . .	23
3.12	Questão acerca da certeza . . . . .	24
3.13	Duplo Diagnóstico . . . . .	25
3.14	Encerramento da aplicação . . . . .	26
3.15	Verificação da realização das perguntas . . . . .	27

# Capítulo 1

## Introdução

Neste capítulo inicial, serão descritos os objetivos deste trabalho e será também apresentado o perito que auxiliou a equipa ao longo deste projeto.

### 1.1 Objetivos do trabalho

Nos últimos anos, as preocupações ambientais e a crescente consciência sobre a importância das abelhas na polinização e na manutenção dos ecossistemas têm se intensificado. As abelhas desempenham um papel crucial na agricultura e no equilíbrio dos ecossistemas naturais, sendo responsáveis pela polinização de uma vasta variedade de culturas e plantas silvestres. Entretanto, as colmeias enfrentam ameaças significativas, incluindo doenças, parasitas, pesticidas e mudanças climáticas. O diagnóstico preciso e rápido de doenças nas colônias de abelhas é fundamental para mitigar essas ameaças e garantir a saúde e a produtividade dos apiários.

Neste contexto, os sistemas baseados em conhecimento (SBCs) surgem como uma ferramenta essencial para auxiliar apicultores, especialmente os inexperientes, no diagnóstico de doenças nas suas colônias. Os SBCs capturam e expressam o conhecimento especializado de apicultores experientes, proporcionando diagnósticos precisos e confiáveis.

O objetivo deste trabalho é explorar o desenvolvimento e a aplicação de um sistema baseado em conhecimento para o diagnóstico de doenças em apiários. Este sistema permitirá diagnosticar as principais doenças que afetam as abelhas, utilizando regras específicas desenvolvidas para esse propósito.

Espera-se que este trabalho não apenas contribua para o avanço do conhecimento científico no campo da apicultura, mas também ofereça informações valiosas para apicultores interessados em utilizar tecnologias inovadoras para promover a saúde e o bem-estar das colônias de abelhas.

## 1.2 Perito

Para ajudar na obtenção de conhecimento neste trabalho, recorreu-se a um perito na área da apicultura. Jorge Santos tem mais de 20 anos de experiência nesta área, o que permite ter, ao longo deste tempo, recolhido bastante conhecimento nas várias áreas da apicultura, como os processos de extração de mel, os métodos para manter uma colmeia saudável ou a identificação das doenças que podem existir neste contexto.

## Capítulo 2

# Conhecimento adquirido

Aqui será explicado todo o procedimento de aquisição do conhecimento necessário para o trabalho.

### 2.1 Modo de obtenção do conhecimento

Através do especialista mencionado anteriormente, foi adquirida documentação valiosa que, após uma minuciosa análise, permitiu ao grupo identificar uma ampla gama de doenças e possíveis sintomas nas colmeias. Além disso, através das entrevistas conduzidas com o especialista, foi possível esclarecer dúvidas relacionadas a doenças mais complexas e adquirir informação sobre aspetos mais específicos.

### 2.2 Sessões de aquisição do conhecimento

O desenvolvimento do projeto contou com a orientação de Jorge Santos, um experiente apicultor. Ao longo de várias sessões de trabalho conjunto, absorvemos um vasto conhecimento sobre o delicado ecossistema das abelhas e as ameaças que podem afetá-lo.

Na primeira reunião, o objetivo foi identificar as principais doenças que podem afetar as abelhas e como detectá-las. O perito apresentou uma lista inicial de doenças e sintomas comuns, além de documentações específicas sobre cada uma delas. A partir desta reunião, foram esboçadas as regras iniciais do sistema, que ainda necessitavam de complementação, como as estações do ano propícias ao surgimento de determinadas doenças.

Na segunda reunião, foram discutidas as lacunas de conhecimento da primeira sessão. Jorge Santos esclareceu dúvidas sobre a sazonalidade das doenças e validou as regras parciais já criadas. Ele também forneceu exemplos práticos de sua experiência, como



casos específicos de infestações por ácaros *Varroa* durante o outono.

Em reuniões subsequentes, o foco foi refinar as regras de diagnóstico e incluir mais detalhes práticos. O perito não apenas descreveu teorias, mas também compartilhou relatos de suas próprias colmeias, ajudando a contextualizar as informações teóricas e facilitando a assimilação do conhecimento.

Uma das maiores contribuições do perito foi esclarecer a terminologia específica da apicultura. Termos e nomenclaturas que poderiam parecer complicados para a equipa de desenvolvimento foram explicados de forma clara, permitindo-nos entender melhor o funcionamento do mundo das abelhas e sua interação com o ambiente.

Além das reuniões, utilizou-se artigos científicos, livros especializados e relatórios técnicos para complementar o conhecimento adquirido. Estas fontes adicionais forneceram uma base teórica sólida para o desenvolvimento do sistema baseado em conhecimento.

## 2.3 Doenças Oportunistas no contexto apícola

Antes de serem referidas as doenças que podem afetar significativamente as abelhas, é necessário referir que estas podem ser exponenciadas por doenças oportunistas, maximizando os danos de outro tipo de doenças que normalmente não causariam tanto dano. É necessário ter este ponto prévio em mente, já que em casos onde a colónia de abelhas é enfraquecida, os sintomas poderão apontar para uma doença dita "comum", no entanto a partir do momento em que uma doença oportunista é contraída, essa é a principal impulsionadora para que haja mais estragos, sendo necessário, aquando da sua deteção, proceder ao tratamento ou à mitigação dessa doença para posteriormente lidar com as doenças subsequentes: se não existir o reconhecimento e mitigação das doenças oportunistas, a colónia estará demasiado vulnerável para que a atividade apícola seja bem sucedida.

### 2.3.1 Varroose

A Varroose é uma doença comum e preocupante que afeta as colmeias, causando sérios danos às abelhas e à produção de mel. É causada pelo ácaro *Varroa destructor*, que se alimenta das abelhas e das suas larvas, enfraquecendo-as e transmitindo vírus devastadores.

Um dos sinais mais evidentes da Varroose é a presença de varroas adultas sobre as abelhas adultas. Estes ácaros podem ser vistos agarrados ao corpo das abelhas ou movendo-se em volta delas com uma cor vermelho-acastanhada. Além disso, as abelhas afetadas pela Varroose muitas vezes apresentam asas deformadas, dificultando assim o seu voo e comprometendo as suas atividades normais na colmeia.

É essencial para os apicultores monitorizarem regularmente as suas colmeias em busca de

sinais de infestação por Varroa e tomar medidas de controlo adequadas, como tratamentos químicos ou biológicos, para proteger a saúde e o bem-estar das abelhas e garantir a sustentabilidade do apiário.

O tratamento da infestação por Varroa geralmente envolve o uso de métodos de controlo integrado, que podem incluir o uso de produtos químicos, métodos mecânicos, como a remoção de células de cria infestadas, ou o estímulo à resistência das abelhas através de práticas de manejo adequadas, como a promoção de colónias fortes e saudáveis. O manejo eficaz da infestação por Varroa é essencial para garantir a sobrevivência e o bem-estar das colónias de abelhas.

### **2.3.2 Nosemose**

A Nosemose é uma doença que impacta gravemente as colmeias e a saúde das abelhas, representando um desafio significativo para os apicultores. Causada pelos protozoários *Nosema apis* e *Nosema ceranae*, resulta em sintomas visíveis e sérios para as abelhas e para o funcionamento geral da colmeia.

Um dos sinais mais distintivos da Nosemose é a presença de abelhas com abdómen inchado e incapacidade de voar. Estas abelhas, muitas vezes, são encontradas dentro da colmeia, incapazes de realizar suas atividades normais devido à deteriorização da sua saúde.

Além disso, manchas escuras podem ser observadas dentro da colmeia e no topo dos quadros, indicando a presença e a propagação do agente causador da doença. Estas manchas são um sinal claro da infestação por *Nosema* e geralmente coincidem com um número anormalmente alto de abelhas mortas, que é outro sintoma característico da doença, que é mais propícia a ocorrer durante a primavera, dada a amplitude térmica.

A presença desses sinais requer uma intervenção imediata por parte dos apicultores para controlar a propagação da Nosemose e proteger a saúde das abelhas.

Esta doença pode ser tratada através da medicação com fumagilina e substituição de abelhas rainhas.

## **2.4 Principais doenças não oportunistas, sintomas e terapias especializadas**

Face ao problema apresentado, foram identificadas as principais doenças não oportunistas assim como os principais sintomas que as permitem identificar.

### 2.4.1 Loque Americana

A Loque Americana é causada por uma bactéria, *Paenibacillus larvae*. Esta doença afecta apenas as fases imaturas da abelha e é muitíssimo contagiosa. Se não se atuar, a Loque Americana desenvolve-se muito rapidamente dentro da colónia afectada e transmite-se a partir desta para as outras colónias do apiário, e de apiário em apiário, quer através da deriva, quer da transferência de quadros. Se o apicultor não tiver o cuidado de destruir todo o material infectado, a pilhagem pode provocar danos irreversíveis. Desta forma, sabe-se que se está perante a Loque Americana através dos sintomas visuais seguintes: Larvas Mortas ou Apodrecidas, Operculado deprimido ou perfurado, Criação mal semeada e Mau cheiro. Adicionalmente, pode realizar-se o teste do palito que consiste em inserir um palito numa célula com larva morta e retirá-lo. Se se estiver perante a Loque Americana, pode formar-se um filamento viscoso com cerca de 1 a 2 cm de comprimento. Esta doença ocorre principalmente na primavera.

Para tratar a loque americana podem ser administrados os seguintes antibióticos: oxite-traciclina, a tetraciclina e a terramicina. Por outro lado, em casos graves, estas colmeias deverão ser queimadas para eliminar a doença.

### 2.4.2 Loque Europeia

A Loque Europeia é uma doença da criação também provocada por uma bactéria, a *Mellisococcus pluton*. Está espalhada por todo o globo, mas é considerada menos perigosa que a Loque Americana. Ainda assim, nalgumas zonas e sob certas condições climáticas, a Loque Europeia pode causar grandes perdas de criação e consequentemente menores produções de mel, ou pior a morte de algumas colónias. O apicultor sabe que está presente a Loque Europeia através dos seguintes sintomas: Larvas mortas, geralmente com cor amarela ou castanha, Mau cheiro, Operculado afundado, Criação irregular e Manchas escuras. Por fim, pode também realizar-se o teste do palito descrito anteriormente e se se formar o filamento viscoso, isso pode indicar o apicultor que está perante a Loque Europeia. Ocorre normalmente na primavera e no outono.

Para tratar a loque americana podem ser administrados os seguintes antibióticos: oxite-traciclina, a tetraciclina e a terramicina. Por outro lado, em casos graves, estas colmeias deverão ser queimadas para eliminar a doença.

### 2.4.3 Ascosferiose

A Ascosferiose (ou Mucose) é uma doença da criação causada pelo fungo *Ascosphaera apis* e caracteriza-se pela morte das larvas dentro dos alvéolos onde fazem o seu desenvolvimento, e pelo aspeto particular e facilmente identificável: as larvas ficam com um aspeto engessado ou mumificadas, os Operculos esburacados, a Criação em mosaico e Ausência de cheiro. Ocorre nomeadamente na primavera e no outono. Para tratar desta

doença podem ser utilizados antifúngicos como ácido fórmico e fumagilina.

## 2.5 Víroses

Este vírus que afecta a criação é relativamente comum. Na maioria das colónias doentes são poucas as larvas afectadas e visíveis. Raramente provoca estragos de montam, mas muitas vezes os seus sinais podem ser confundidos com os da Loque Americana. O apicultor conseguirá identificar a sua presença, através da observação de larvas mortas em forma de "saco de líquido", (As larvas afetadas pelo vírus apresentam um aspecto embrulhado dentro de um saco cheio de líquido, deitadas com a cabeça na direção da entrada da célula), mudança de cor, de cor branco pérola normal para um amarelo pálido. Além disso, a doença pode ser observada através da escama castanha escura: Após a morte da larva, a escama resultante assume uma cor castanha escura e forma de gôndola. Por fim existe também facilidade de remoção da escama: A escama da larva infectada pode ser facilmente removida da célula com um palito.

### 2.5.1 Vírus da criação ensacada

O vírus da Criação Ensacada é uma doença comum que afeta as colmeias, e preocupa os apicultores devido aos seus impactos na saúde das abelhas. Este vírus é caracterizado pela manifestação de larvas mortas recentemente dentro das células, envolvidas num saco cheio de líquido. Esse sintoma peculiar é muitas vezes o primeiro sinal visível da presença do vírus.

Quando as abelhas operárias identificam larvas infetadas, elas encapsulam nas numa membrana transparente, o que forma um saco cheio de fluído. Essa reação é uma tentativa das abelhas de conter a disseminação do vírus para outras larvas saudáveis na colmeia. No entanto, a infeção pode se espalhar rapidamente se medidas adequadas não forem tomadas.

O vírus da Criação Ensacada pode ter impactos significativos na saúde da colónia, resultando numa diminuição na população de abelhas e na produtividade do apiário. É fundamental para os apicultores identificar precocemente os sintomas dessa doença e tomar medidas preventivas, como a implementação de boas práticas de higiene e o controle da propagação de doenças entre as colmeias.

### 2.5.2 Acarapisose

A Acarapisose é uma doença que afeta as abelhas, causando sérios danos às suas vias respiratórias e comprometendo a sua saúde e vitalidade. Esta condição é causada pelo ácaro *Acarapis woodi*, que infesta as traqueias das abelhas e provoca necrose e escurecimento dessas estruturas, resultando em dificuldades respiratórias e outros sintomas

preocupantes.

Um dos sinais mais distintivos da Acarapisose é a necrose evidente e o enegrecimento das traqueias das abelhas afetadas, quando comparadas com as traqueias saudáveis. Esta alteração nas vias respiratórias prejudica a capacidade das abelhas de respirar adequadamente, levando a uma série de sintomas graves.

Além disso, abelhas infetadas pela Acarapisose muitas vezes são encontradas mortas na entrada da colmeia ou a arrastar-se com dificuldade, apresentando também abdomens inchados devido ao esforço respiratório comprometido e à deteriorização geral da saúde. Esta doença é mais frequente no Outono.

### 2.5.3 Vírus da Paralisia Aguda

O Vírus da Paralisia Aguda é uma enfermidade que causa preocupação entre os apicultores devido aos seus efeitos devastadores sobre as abelhas. Este vírus resulta em sintomas visíveis e graves, comprometendo a saúde e o funcionamento das colmeias.

Um dos sinais mais distintivos da Paralisia Aguda é a observação de abelhas com movimentos bruscos e tremidos do corpo e das asas que são uma indicação clara da paralisia que afeta as abelhas infetadas, limitando severamente sua capacidade de se mover e realizar as suas atividades normais.

Além disso, as abelhas afetadas pelo vírus frequentemente apresentam um aspecto luzidio e brilhante, resultado da perda de pelos nos seus corpos. Este sintoma é consequência da falta de pelos nas abelhas infetadas, que é uma característica distintiva da Paralisia Aguda.

### 2.5.4 Envenenamento por pesticidas

O envenenamento por pesticidas é um problema grave que pode afetar as abelhas de diversas maneiras. Os pesticidas podem matar as abelhas instantaneamente por contato direto ou de forma mais lenta por ingestão de pólen ou néctar contaminado. O apicultor sabe que está perante um envenenamento através dos seguintes sintomas: Abelhas mortas na entrada da colmeia, especialmente se as abelhas estiverem em forma de "cauda de cometa", quebra de vigor da colónia (abelhas em pastoreio podem apresentar fraqueza e desânimo) e/ou abelhas mortas dentro da colmeia, especialmente se se encontrarem em diferentes estados de desenvolvimento. O envenenamento por pesticidas é fatal, mas a ocorrência pode ser minimizada através da prevenção e controlo da exposição assim como a remoção de fontes de contaminação.

### 2.5.5 Fome

A fome é uma das principais causas de morte de colmeias, podendo ocorrer em qualquer época do ano, mas mais frequentemente no inverno. Se as colónias entrarem no inverno sem reservas suficientes de alimento, elas podem morrer. Os principais sintomas de fome são as abelhas mortas no interior da colmeia, especialmente com a cabeça dentro das células e/ou a falta de reservas, quando as abelhas não têm quantidade suficiente de mel e pólen para suprir as suas necessidades. Por outro lado, a diminuição do tamanho das abelhas pode ser outro fator indicativo que não há reserva de alimentos suficientes na colmeia. Quando há deteção de fome, pode ser administrada suplementação alimentar adicional para suprimir as necessidades das abelhas assim como o estímulo à produção de alimento que garanta que estas tenham fontes adequadas de alimento ao longo de todo o ano.

## 2.6 Terapias não especializadas

Ao longo de algumas das secções anteriores foram detalhadas algumas das terapias possíveis, adequadas para cada doença em específico. No entanto existem algumas terapias que possam ser realizadas de uma forma geral para manutenção da saúde apícola. Estas passam pela manutenção de colmeias saudáveis, com espaço suficiente ventilação, abrigo e acesso a água limpa e alimento. Por outro lado a promoção de práticas de higiene adequadas dentro das colmeias pode ajudar a prevenir a propagação de doenças como a remoção de detritos. Para facilitar este processo deve também ser realizado um controlo regular, realizando inspeções das colmeias frequentemente para fazer um despiste precoce daquilo que poderá afetar a saúde destas. Por fim, a saúde das abelhas pode também passar pela sua nutrição adequada, garantindo que as abelhas tenham uma diversidade de nutrição que pode ser fundamental para fortalecer a sua saúde e imunidade, fazendo com que tenham mais armas para combater as doenças.

## 2.7 Sistematização do conhecimento obtido

Depois da apresentação das doenças existentes, o conhecimento pode ser sistematizado através do conjunto de tabelas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4,2.5,2.6,2.7,2.8,2.9,2.10 e 2.11 onde um sintoma que se encontre com o número 1, significa que é um indicador subtil, no caso de ter um número 2, é um indicador intermédio e caso tenha o número 3, é então um indicador alto daquele diagnóstico.

Tabela 2.1: Varroa

<b>Varroa</b>
<b>Sintomas</b>
3 - Ácaros vermelhos nas abelhas
2 - Deformidades nas asas
1 - Diminuição de produtividade
1 - Mortalidade aumentada
<b>3 - Estação Propícia: Inverno</b>

Tabela 2.2: Nosemose

<b>Nosemose</b>
<b>Sintomas</b>
3 - Abdómen inchado
2 - Incapacidade de voar
2 - Manchas escuras na colmeia
1 - Diminuição de produtividade
1 - Mortalidade aumentada
<b>2 - Estação Propícia: Primavera</b>

Tabela 2.3: Loque Americana

<b>Loque Americana</b>
<b>Sintomas</b>
2 - Larvas mortas ou apodrecidas
2 - Opérculo deprimido ou perfurado
2 - Criação mal semeada
3 - Mau cheiro
3 - Teste do palito: formação de filamento viscoso com cerca de 1 a 2 cm de comprimento
<b>2 - Estação Propícia: Primavera e Outono</b>

Tabela 2.4: Loque Europeia

<b>Loque Europeia</b>
<b>Sintomas</b>
2 - Larvas mortas, geralmente com cor amarela ou castanha
3 - Mau cheiro
3 - Opérculo afundado
1 - Criação mal semeada
2 - Manchas escuras
3 - Teste do palito: formação de filamento viscoso com cerca de 1 a 2 cm de comprimento
<b>2 - Estação Propícia: Primavera e Outono</b>



Tabela 2.5: Ascosteriose

<b>Ascosteriose</b>
<b>Sintomas</b>
3 - Larvas mumificadas ou com aspecto engessado
2 - Opérculos esburacados
2 - Criação em mosaico
1 - Ausência de cheiro
<b>2 - Estação Propícia: Primavera e Outono</b>

Tabela 2.6: Víroses

<b>Víroses</b>
<b>Sintomas</b>
3 - Larvas mortas em forma de "saco de líquido", com aspeto embrulhado dentro de um saco cheio de líquido, deitadas com a cabeça na direção da entrada da célula
3 - Mudança de cor das larvas de branco pérola normal para um amarelo pálido
2 - Escama castanha escura após a morte da larva, com forma de gôndola
2 - Facilidade de remoção da escama da larva infetada da célula com um palito
<b>1 - Estação Propícia: Primavera e Verão</b>

Tabela 2.7: Vírus da Criação Ensacada

<b>Vírus da Criação Ensacada</b>
<b>Sintomas</b>
3 - Larvas mortas recentemente dentro das células, envolvidas num saco cheio de líquido
3 - Larvas encapsuladas em uma membrana transparente, formando um saco cheio de fluido
1 - Diminuição na população de abelhas
1 - Diminuição na produtividade do apiário
<b>1 - Estação Propícia: Primavera e Verão</b>

Tabela 2.9: Envenenamento por Pesticidas

<b>Envenenamento por Pesticidas</b>
<b>Sintomas</b>
1 - Abelhas mortas na entrada da colmeia, especialmente em forma de "cauda de cometa"
1 - Quebra de vigor da colônia, com abelhas em pastoreio apresentando fraqueza e desânimo
3 - Abelhas mortas dentro da colmeia, especialmente em diferentes estados de desenvolvimento
<b>Estação Propícia: Qualquer uma</b>

Tabela 2.10: Fome

<b>Fome</b>
<b>Sintomas</b>
1 - Abelhas mortas no interior da colmeia, especialmente com a cabeça dentro das células
3 - Falta de reservas, quando as abelhas não têm quantidade suficiente de mel e pólen para suprir suas necessidades
2 - Diminuição do tamanho das abelhas
<b>3 - Estação Propícia: Principalmente no inverno</b>

Tabela 2.8: Acarapisose

<b>Acarapisose</b>
<b>Sintomas</b>
3 - Necrose e enegrecimento das traqueias das abelhas afetadas
1 - Abelhas mortas na entrada da colmeia
1 - Abelhas arrastando-se com dificuldade
2 - Abdômens inchados devido ao esforço respiratório comprometido e à deterioração geral da saúde
<b>2 - Estação Propícia: Outono</b>

Tabela 2.11: Vírus da Paralisia Aguda

<b>Vírus da Paralisia Aguda</b>
<b>Sintomas</b>
2 - Movimentos bruscos e tremidos do corpo e das asas nas abelhas infetadas
2 - Aspeto luzidio e brilhante
3 - Perda de pelos nos seus corpos
<b>1 - Estação Propícia: Primavera e Verão</b>

De seguida na figura pode se observar um diagrama feito, com o objetivo de sistematizar e antecipar quais as questões que vão ser colocadas ao utilizador durante o seu percurso pela aplicação .

Para além disso na figura encontra-se um diagrama feito pela equipa de desenvolvimento durante as sessões com o perito e que demonstra o conhecimento obtido acerca dos sintomas e diagnósticos envolvidos.

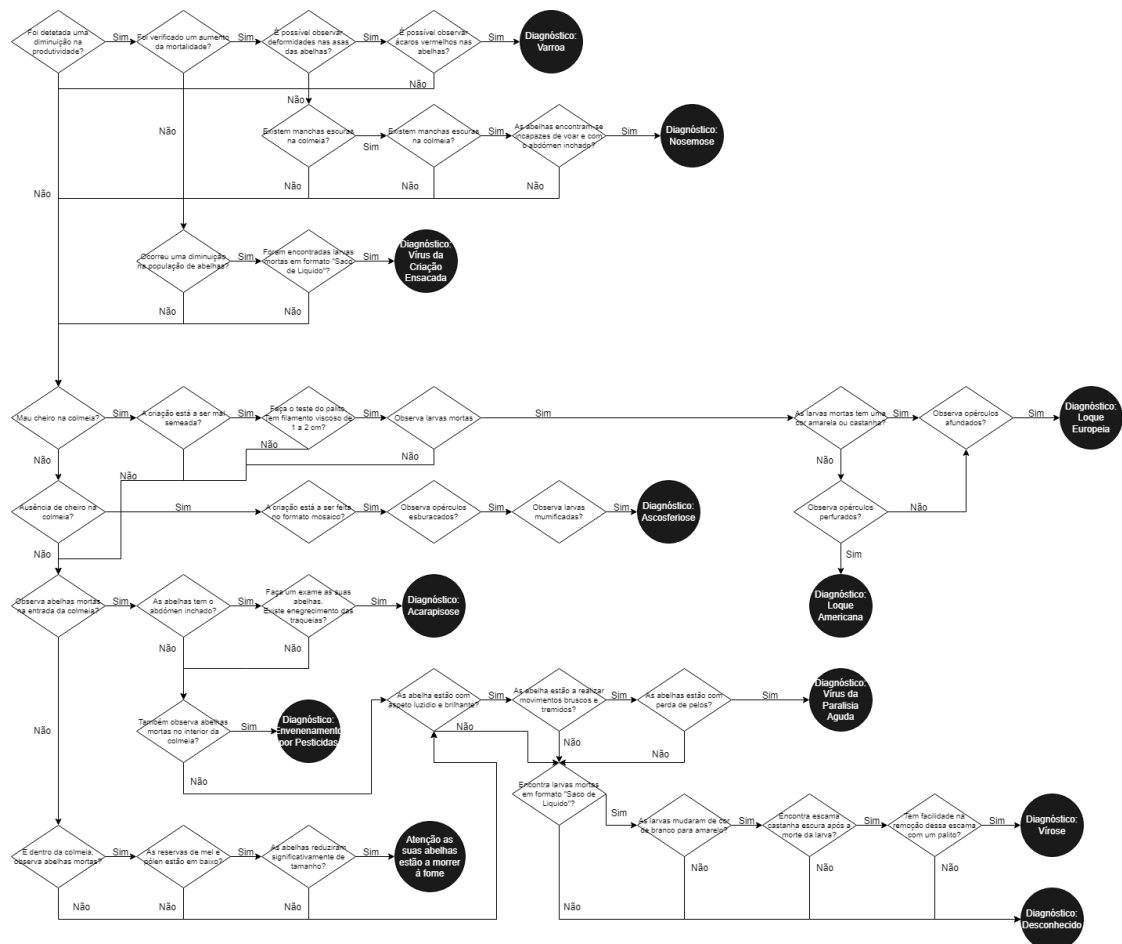


Figura 2.1: Fluxo das questões para o utilizador

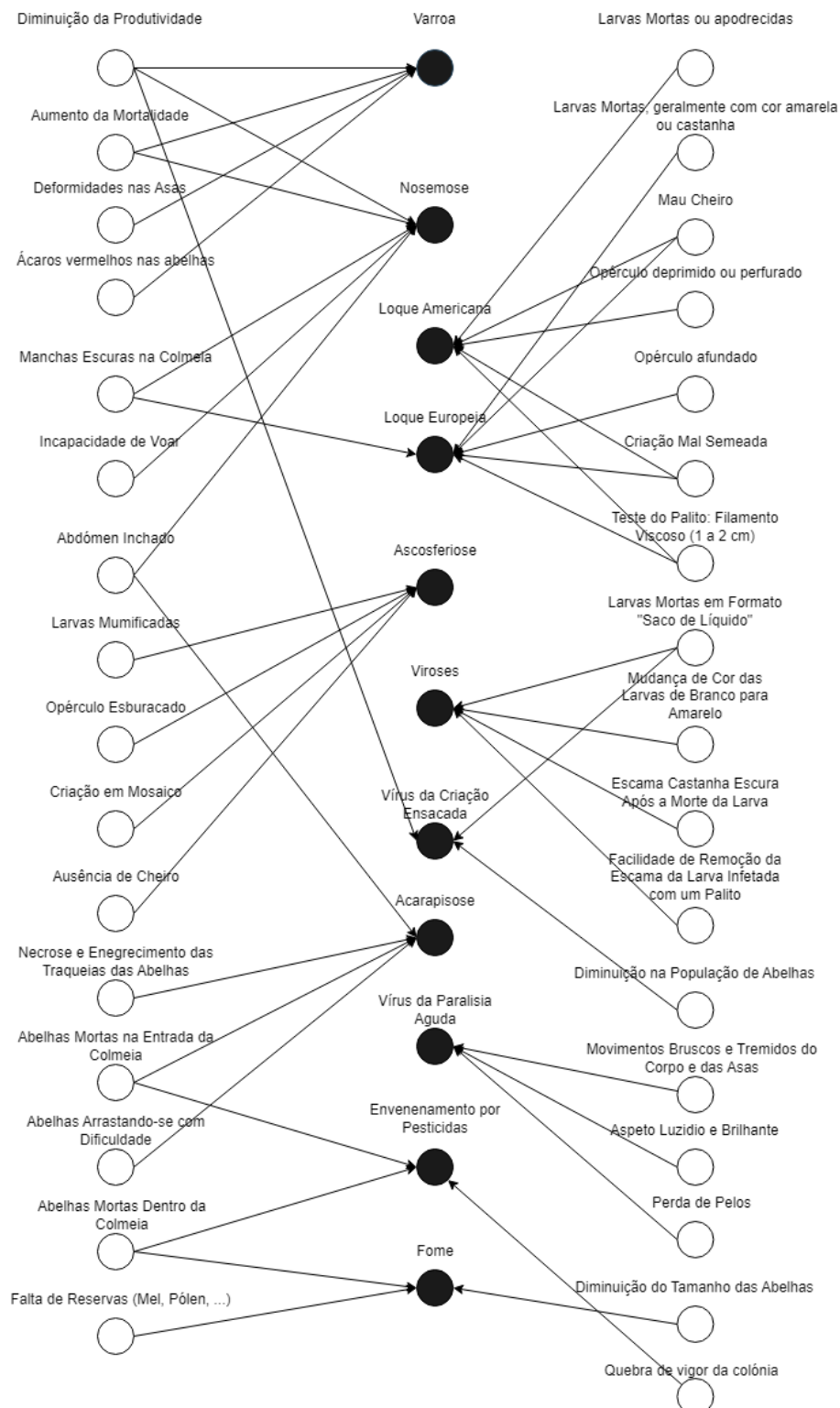


Figura 2.2: Diagrama representativo do conhecimento  
2.7

## Capítulo 3

# Implementação

### 3.1 Abordagem a ter em consideração

Tendo em conta que se trata de um caso de diagnóstico, após analisar as opções possíveis, foi decidido que a abordagem mais correta a realizar neste caso será com a utilização de fatores de certeza. Isto acontece, já que uma doença pode manifestar-se havendo todos os sintomas ou apenas um. Desta forma, a abelha pode apenas ter um sintoma e ter a doença, pelo que será necessário ter em conta as prioridades dos sintomas em relação às doenças, já que um sintoma muito específico de uma doença pode ser muito mais indicativo do que outro que é comum a mais doenças e que pode não ser tão específico. Desta forma, será mais certo aquilo a aplicação revela face ao apicultor que está a lidar com esta. Por outro lado, é também necessário considerar as doenças não oportunas como uma fonte de aumentar tremendamente os efeitos das outras doenças, pelo que será também prioritário diagnosticar primeiro estas doenças. Por fim, é também necessário saber com que estação do ano o apicultor está a lidar, já que por exemplo na primavera a amplitude térmica pode ser indicadora de algumas doenças, assim como no inverno é comum que a fome esteja presente.

### 3.2 Detalhes da Implementação

#### 3.2.1 Estrutura das classes

Quanto à estrutura das classes, as principais neste projeto são o ficheiro Rules.drl, que contém todas as regras existentes com os respetivos coeficientes, numeradas e com o título referente ao sintoma. Já a classe DroolsTest é, a par da anterior, a classe mais importante para o projeto já que contém o fluxo de questões que são colocadas ao utilizador e o registo das evidências consoante as respostas deste, além do diagnóstico das doenças.

Numa nota mais técnica tem-se as classes que se referem ao objetos Facto, Hipótese e Evidência para poder criar tanto as doenças como os sintomas, mas também as classes FactListener e TrackingAgendaListener, que permitem que haja uma atualização dos coeficientes das doenças em tempo real, fazendo com que seja possível um diálogo com o utilizador. As classes principais estão representadas na Figura 3.1.

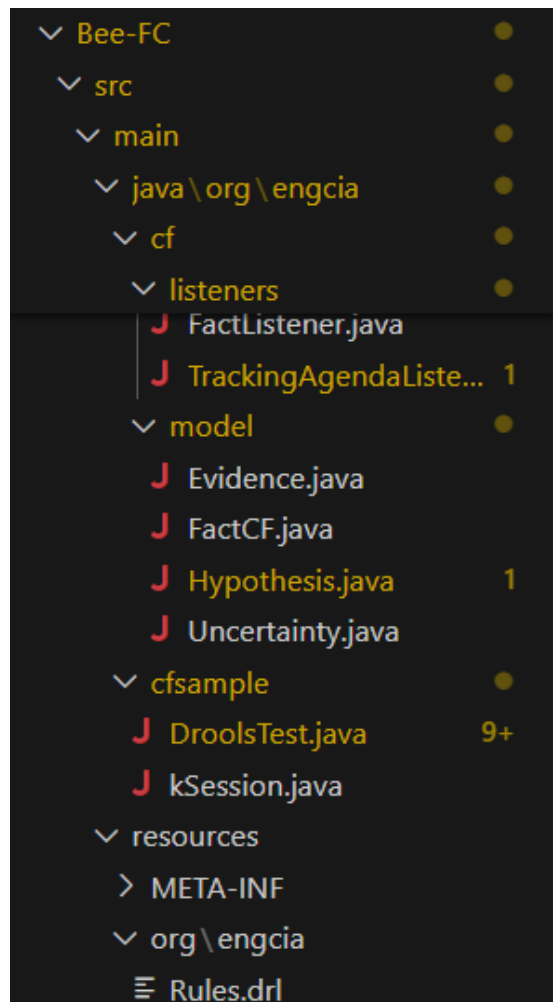


Figura 3.1: Classes Principais

### 3.2.2 Coeficientes dos sintomas e ausência destes

Como referido anteriormente, cada sintoma associado às doenças (que pode ser repetido), tem um peso associado. Dessa forma, foram atribuídos os seguintes coeficientes a cada tipo de importância: para os extremamente importante 0.75, para os moderadamente importante 0.60, e para os mais genéricos 0.30. Esta diferença está demonstrada nas

Figuras 3.2, 3.3 e 3.4.

```
rule "r19:Larvas mumificadas"
@CF(0.75)
lock-on-active true
when
    $e: Evidence( description == "Larvas mumificadas", value == "true" )
then
    Hypothesis $h = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "ascosferiose", "true");

    if($h != null){
        $h.update();
    }
end
```

Figura 3.2: Sintoma Importante

```
rule "r20:Operculos esburacados"
@CF(0.60)
lock-on-active true
when
    $e: Evidence( description == "Operculos esburacados", value == "true" )
then
    Hypothesis $h = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "ascosferiose", "true");

    if($h != null){
        $h.update();
    }
end
```

Figura 3.3: Sintoma Intermédio

```
rule "r22:Ausencia de cheiro"
@CF(0.30)
lock-on-active true
when
    $e: Evidence( description == "Ausencia de cheiro", value == "true" )
then
    Hypothesis $h = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "ascosferiose", "true");

    if($h != null){
        $h.update();
    }
end
```

Figura 3.4: Sintoma Genérico

No entanto, é importante também o indicador contrário, isto é, a ausência destes sintomas no despiste de uma doença. Para representar essa ausência, foi criada uma regra contrária com o simétrico do coeficiente, para poder retirar confiança à doença no caso de um sintoma não se verificar. Estas regras estão detalhadas nas Figuras, 3.5, 3.6 e 3.7.



```
rule "rN19:N Larvas mumificadas"
@CF(-0.75)
lock-on-active true
when
  $e: Evidence( description == "N Larvas mumificadas ", value == "true" )
then
  Hypothesis $h = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "ascosferiose", "true");

  if($h != null){
    $h.update();
  }
end
```

Figura 3.5: Ausência de um Sintoma Importante

```
rule "rN20:N Operculos esburacados"
@CF(-0.60)
lock-on-active true
when
  $e: Evidence( description == "N Operculos esburacados", value == "true" )
then
  Hypothesis $h = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "ascosferiose", "true");

  if($h != null){
    $h.update();
  }
end
```

Figura 3.6: Ausência de um Sintoma Intermédio

```
rule "rN22:N Ausencia de cheiro"      You, 6 hours ago • vskl
@CF(-0.30)
lock-on-active true
when
  $e: Evidence( description == "N Ausencia de cheiro", value == "true" )
then
  Hypothesis $h = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "ascosferiose", "true");

  if($h != null){
    $h.update();
  }
end
```

Figura 3.7: Ausência de um Sintoma Genérico

### 3.2.3 Lida com múltiplos sintomas comuns a uma doença com mesmo coeficiente

Apesar de existirem sintomas específicos a cada doença, existem também sintomas que são comuns a várias doenças. Esta situação é evidente em doenças relativamente parecidas (como é o caso da loque europeia e da loque americana), mas também a sintomas

mais genéricos (como a diminuição da produtividade ou o aumento da mortalidade nas colmeias). Desta forma, é necessário implementar um mecanismo passível de lidar com esta multiplicidade existente de sintomas em comum, que, na implementação, se traduziu em associar um mesmo sintoma a várias doenças no ficheiro das regras. Como os coeficientes são comuns a todas as doenças, pode juntar-se tudo numa mesma regra, conforme a Figura 3.8.

```
rule "r4:Mortalidade aumentada"
@CF(-0.30)
lock-on-active true
when
    $e: Evidence( description == "Mortalidade aumentada", value == "true" )
then
    Hypothesis $h1 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "varroa", "true");
    Hypothesis $h2 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "nosemose", "true");
    Hypothesis $h3 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "virusdacriacaoensacada", "true");
    Hypothesis $h4 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "acarapiose", "true");

    if($h1 != null){
        $h1.update();
    }
    if($h2 != null){
        $h2.update();
    }
    if($h3 != null){
        $h3.update();
    }
    if($h4 != null){
        $h4.update();
    }
end
```

Figura 3.8: Sintomas comuns com coeficientes diferentes

### 3.2.4 Lida com múltiplos sintomas comuns a uma doença com diferentes coeficientes

Já com diferentes coeficientes para as diferentes doenças, é necessário executar outra abordagem. Esta situação é muito notória nas estações do ano, pois enquanto que uma pode ser muito indicativa e ter um peso muito maior por questões associadas ao clima, chuva, entre outros, pode, por outro lado, ter pouca relevância no diagnóstico. Esta situação é demonstrada nas Figuras 3.9 e 3.10.

```

rule "r8:Primavera"
@CF(0.30)
lock-on-active true
when
    $e: Evidence( description == "Primavera", value == "true" )
then
    You, 21 hours ago * vski
    Hypothesis $h1 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "virose", "true");
    Hypothesis $h2 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "virusdacriacaoensacada", "true");
    Hypothesis $h3 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "virusdaparalisiaaguda", "true");

    if($h1 != null){
        $h1.update();
    }
    if($h2 != null){
        $h2.update();
    }
    if($h3 != null){
        $h3.update();
    }
}
end

```

Figura 3.9: Sintoma comum com pouca importância

```

rule "r11:Primavera"
@CF(0.40)
lock-on-active true
when
    $e: Evidence( description == "Primavera", value == "true" )
then
    Hypothesis $h1 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "nosemose", "true");
    Hypothesis $h2 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "loqueamericana", "true");
    Hypothesis $h3 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "loqueeuropeia", "true");
    Hypothesis $h4 = (Hypothesis)TrackingAgendaListener.getFactRef(Hypothesis.class, "ascosferiose", "true");
    You, 21 hours ago * vski
    if($h1 != null){
        $h1.update();
    }
    if($h2 != null){
        $h2.update();
    }
    if($h3 != null){
        $h3.update();
    }
    if($h4 != null){
        $h4.update();
    }
}
end

```

Figura 3.10: Sintoma comum com importância intermédia

### 3.2.5 Lida com a incerteza

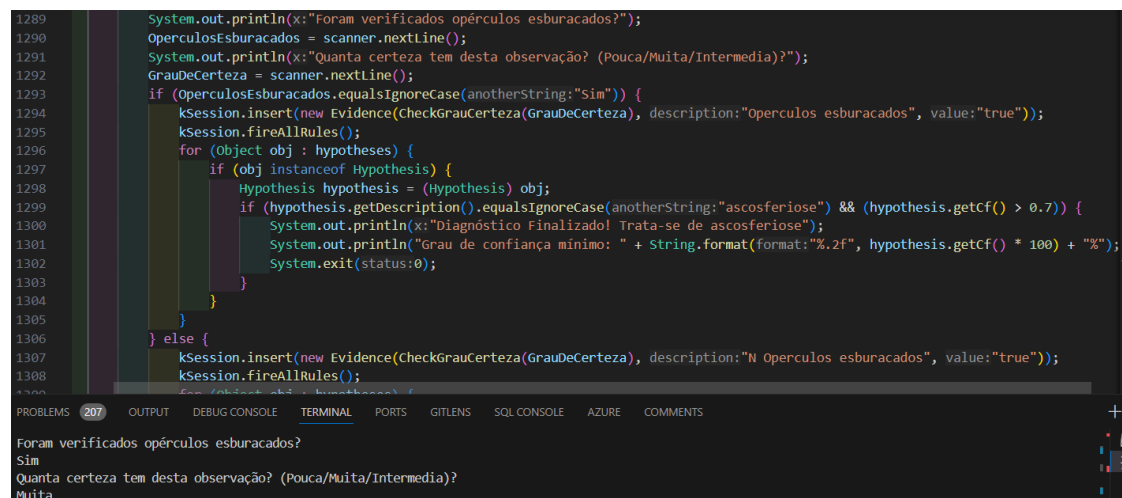
As evidências verificadas podem ter uma diferença e interpretação, assim como incerteza na visualização desta. Por exemplo, o utilizador pode estar inseguro do que observou, (como por exemplo no aumento da mortalidade, esta pode não ser facilmente detetável, numa colmeia com muitas abelhas) além de que o sintoma pode ser parcial (como os

opérculos esburacados, apenas se pode verificar numa percentagem ínfima). Com isto em mente, é necessário implementar um mecanismo passível de lidar com esta incerteza que pode ser observada. Em termos práticos, isto traduz-se em questionar ao utilizador, quão certo/seguro se sente do que está a transmitir ao sistema. Assim como nos sintomas, esta incerteza pode ser dividida em 3: muita certeza, pouca certeza e certeza intermédia. Assim, estes "níveis" podem ser traduzidos em coeficientes de certeza aquando no registo de evidência, com os valores respetivos de 0.9, 0.7 e 0.4. Esta implementação pode verificar-se na função presente na Figura 3.11.

```
public static double CheckGrauCerteza(String grauCerteza) {  
    if (grauCerteza.equalsIgnoreCase(anotherString:"Pouca")) {  
        return 0.40;  
    }  
    if (grauCerteza.equalsIgnoreCase(anotherString:"Intermedia")) {  
        return 0.70;  
    }  
    if (grauCerteza.equalsIgnoreCase(anotherString:"Muita")) {  
        return 0.90;  
    }  
    return 0.0;  
}
```

Figura 3.11: Método capaz de lidar com a incerteza

Assim, quando o utilizador introduz o que verificou, encontrará sempre uma questão que permite averiguar esta certeza, que funciona tanto para inserir sintomas ou a ausência destes. Juntando estas questões, um exemplo de código que verifica esta implementação está presente na Figura 3.12.



```
1289 System.out.println(x:"Foram verificados opérculos esburacados?");
1290 OperculosEsburacados = scanner.nextLine();
1291 System.out.println(x:"Quanta certeza tem desta observação? (Pouca/Muita/Intermedia)?");
1292 GrauDeCerteza = scanner.nextLine();
1293 if (OperculosEsburacados.equalsIgnoreCase(anotherString:"Sim")) {
1294     kSession.insert(new Evidence(CheckGrauCerteza(GrauDeCerteza), description:"Operculos esburacados", value:"true"));
1295     kSession.fireAllRules();
1296     for (Object obj : hypotheses) {
1297         if (obj instanceof Hypothesis) {
1298             Hypothesis hypothesis = (Hypothesis) obj;
1299             if (hypothesis.getDescription().equalsIgnoreCase(anotherString:"ascosferiose") && (hypothesis.getCf() > 0.7)) {
1300                 System.out.println(x:"Diagnóstico Finalizado! Trata-se de ascosferiose");
1301                 System.out.println("Grau de confiança mínimo: " + String.format(format:"%.2f", hypothesis.getCf() * 100) + "%");
1302                 System.exit(status:0);
1303             }
1304         }
1305     }
1306 } else {
1307     kSession.insert(new Evidence(CheckGrauCerteza(GrauDeCerteza), description:"N Operculos esburacados", value:"true"));
1308     kSession.fireAllRules();
1309     for (Object obj : hypotheses) {
1310         if (obj instanceof Hypothesis) {
1311             Hypothesis hypothesis = (Hypothesis) obj;
1312             if (hypothesis.getDescription().equalsIgnoreCase(anotherString:"ascosferiose") && (hypothesis.getCf() > 0.7)) {
1313                 System.out.println(x:"Diagnóstico Finalizado! Trata-se de ascosferiose");
1314                 System.out.println("Grau de confiança mínimo: " + String.format(format:"%.2f", hypothesis.getCf() * 100) + "%");
1315                 System.exit(status:0);
1316             }
1317         }
1318     }
1319 }
```

PROBLEMS 207 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS GITLENS SQL CONSOLE AZURE COMMENTS

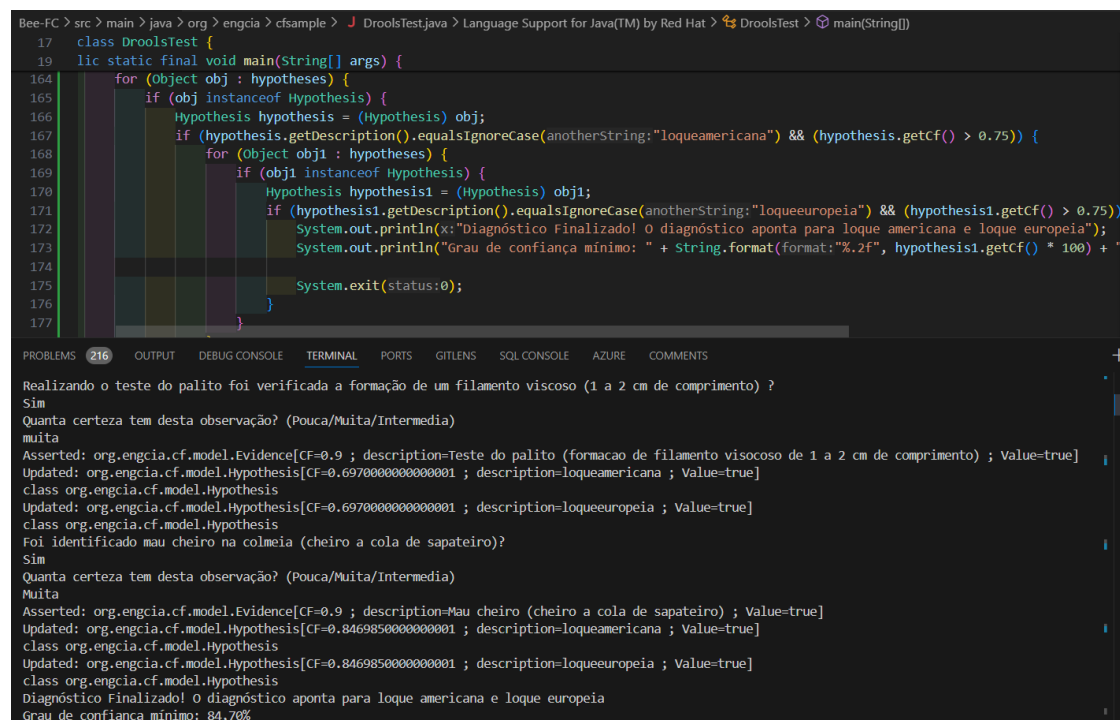
Foram verificados opérculos esburacados?  
Sim  
Quanta certeza tem desta observação? (Pouca/Muita/Intermedia)?  
Muita

Figura 3.12: Questão acerca da certeza

Desta forma, a variável "GrauDeCerteza" é convertida através do método da figura 3.11 e posteriormente inserida com a evidência, já com o valor atribuído, dependendo da resposta à questão.

### 3.2.6 Duplo diagnóstico

Existindo doenças com sintomas em comum, existe uma probabilidade, ainda que baixa, de existirem duas doenças que ultrapassem o coeficiente de 0.75. Neste caso, o que acontece é que o sistema informa o utilizador que existe muita certeza que se trata de duas doenças e como tal, transmite as duas candidatas em vez de apenas uma. Neste caso, como existem evidências suficientes que possam suportar qualquer uma, existem dois diagnósticos, pelo que o apicultor terá de proceder ao contacto à DGAV para poder ser ajudado. Um exemplo deste fluxo e consequente interação com o utilizador, está representado na Figura 3.13.



```

17  class DroolsTest {
19  lic static final void main(String[] args) {
164  for (Object obj : hypotheses) {
165      if (obj instanceof Hypothesis) {
166          Hypothesis hypothesis = (Hypothesis) obj;
167          if (hypothesis.getDescription().equalsIgnoreCase(anotherString:"loqueamericana") && (hypothesis.getCf() > 0.75)) {
168              for (Object obj1 : hypotheses) {
169                  if (obj1 instanceof Hypothesis) {
170                      Hypothesis hypothesis1 = (Hypothesis) obj1;
171                      if (hypothesis1.getDescription().equalsIgnoreCase(anotherString:"loqueeuropeia") && (hypothesis1.getCf() > 0.75)) {
172                          System.out.println(x:"Diagnóstico Finalizado! O diagnóstico aponta para loque americana e loque europeia");
173                          System.out.println("Grau de confiança mínimo: " + String.format(format:"%.2f", hypothesis1.getCf() * 100) + "%");
174                          System.exit(status:0);
175                      }
176                  }
177              }
178          }
179      }
180  }
181  }
182  }
183  }
184  }
185  }
186  }
187  }
188  }
189  }
190  }
191  }
192  }
193  }
194  }
195  }
196  }
197  }
198  }
199  }
200  }
201  }
202  }
203  }
204  }
205  }
206  }
207  }
208  }
209  }
210  }
211  }
212  }
213  }
214  }
215  }
216  }
217  }
218  }
219  }
220  }
221  }
222  }
223  }
224  }
225  }
226  }
227  }
228  }
229  }
230  }
231  }
232  }
233  }
234  }
235  }
236  }
237  }
238  }
239  }
240  }
241  }
242  }
243  }
244  }
245  }
246  }
247  }
248  }
249  }
250  }
251  }
252  }
253  }
254  }
255  }
256  }
257  }
258  }
259  }
260  }
261  }
262  }
263  }
264  }
265  }
266  }
267  }
268  }
269  }
270  }
271  }
272  }
273  }
274  }
275  }
276  }
277  }
278  }
279  }
280  }
281  }
282  }
283  }
284  }
285  }
286  }
287  }
288  }
289  }
290  }
291  }
292  }
293  }
294  }
295  }
296  }
297  }
298  }
299  }
300  }
301  }
302  }
303  }
304  }
305  }
306  }
307  }
308  }
309  }
310  }
311  }
312  }
313  }
314  }
315  }
316  }
317  }
318  }
319  }
320  }
321  }
322  }
323  }
324  }
325  }
326  }
327  }
328  }
329  }
330  }
331  }
332  }
333  }
334  }
335  }
336  }
337  }
338  }
339  }
340  }
341  }
342  }
343  }
344  }
345  }
346  }
347  }
348  }
349  }
350  }
351  }
352  }
353  }
354  }
355  }
356  }
357  }
358  }
359  }
360  }
361  }
362  }
363  }
364  }
365  }
366  }
367  }
368  }
369  }
370  }
371  }
372  }
373  }
374  }
375  }
376  }
377  }
378  }
379  }
380  }
381  }
382  }
383  }
384  }
385  }
386  }
387  }
388  }
389  }
390  }
391  }
392  }
393  }
394  }
395  }
396  }
397  }
398  }
399  }
400  }
401  }
402  }
403  }
404  }
405  }
406  }
407  }
408  }
409  }
410  }
411  }
412  }
413  }
414  }
415  }
416  }
417  }
418  }
419  }
420  }
421  }
422  }
423  }
424  }
425  }
426  }
427  }
428  }
429  }
430  }
431  }
432  }
433  }
434  }
435  }
436  }
437  }
438  }
439  }
440  }
441  }
442  }
443  }
444  }
445  }
446  }
447  }
448  }
449  }
450  }
451  }
452  }
453  }
454  }
455  }
456  }
457  }
458  }
459  }
460  }
461  }
462  }
463  }
464  }
465  }
466  }
467  }
468  }
469  }
470  }
471  }
472  }
473  }
474  }
475  }
476  }
477  }
478  }
479  }
480  }
481  }
482  }
483  }
484  }
485  }
486  }
487  }
488  }
489  }
490  }
491  }
492  }
493  }
494  }
495  }
496  }
497  }
498  }
499  }
500  }
501  }
502  }
503  }
504  }
505  }
506  }
507  }
508  }
509  }
510  }
511  }
512  }
513  }
514  }
515  }
516  }
517  }
518  }
519  }
520  }
521  }
522  }
523  }
524  }
525  }
526  }
527  }
528  }
529  }
530  }
531  }
532  }
533  }
534  }
535  }
536  }
537  }
538  }
539  }
540  }
541  }
542  }
543  }
544  }
545  }
546  }
547  }
548  }
549  }
550  }
551  }
552  }
553  }
554  }
555  }
556  }
557  }
558  }
559  }
560  }
561  }
562  }
563  }
564  }
565  }
566  }
567  }
568  }
569  }
570  }
571  }
572  }
573  }
574  }
575  }
576  }
577  }
578  }
579  }
580  }
581  }
582  }
583  }
584  }
585  }
586  }
587  }
588  }
589  }
590  }
591  }
592  }
593  }
594  }
595  }
596  }
597  }
598  }
599  }
600  }
601  }
602  }
603  }
604  }
605  }
606  }
607  }
608  }
609  }
610  }
611  }
612  }
613  }
614  }
615  }
616  }
617  }
618  }
619  }
620  }
621  }
622  }
623  }
624  }
625  }
626  }
627  }
628  }
629  }
630  }
631  }
632  }
633  }
634  }
635  }
636  }
637  }
638  }
639  }
640  }
641  }
642  }
643  }
644  }
645  }
646  }
647  }
648  }
649  }
650  }
651  }
652  }
653  }
654  }
655  }
656  }
657  }
658  }
659  }
660  }
661  }
662  }
663  }
664  }
665  }
666  }
667  }
668  }
669  }
670  }
671  }
672  }
673  }
674  }
675  }
676  }
677  }
678  }
679  }
680  }
681  }
682  }
683  }
684  }
685  }
686  }
687  }
688  }
689  }
690  }
691  }
692  }
693  }
694  }
695  }
696  }
697  }
698  }
699  }
700  }
701  }
702  }
703  }
704  }
705  }
706  }
707  }
708  }
709  }
710  }
711  }
712  }
713  }
714  }
715  }
716  }
717  }
718  }
719  }
720  }
721  }
722  }
723  }
724  }
725  }
726  }
727  }
728  }
729  }
730  }
731  }
732  }
733  }
734  }
735  }
736  }
737  }
738  }
739  }
740  }
741  }
742  }
743  }
744  }
745  }
746  }
747  }
748  }
749  }
750  }
751  }
752  }
753  }
754  }
755  }
756  }
757  }
758  }
759  }
760  }
761  }
762  }
763  }
764  }
765  }
766  }
767  }
768  }
769  }
770  }
771  }
772  }
773  }
774  }
775  }
776  }
777  }
778  }
779  }
780  }
781  }
782  }
783  }
784  }
785  }
786  }
787  }
788  }
789  }
790  }
791  }
792  }
793  }
794  }
795  }
796  }
797  }
798  }
799  }
800  }
801  }
802  }
803  }
804  }
805  }
806  }
807  }
808  }
809  }
810  }
811  }
812  }
813  }
814  }
815  }
816  }
817  }
818  }
819  }
820  }
821  }
822  }
823  }
824  }
825  }
826  }
827  }
828  }
829  }
830  }
831  }
832  }
833  }
834  }
835  }
836  }
837  }
838  }
839  }
840  }
841  }
842  }
843  }
844  }
845  }
846  }
847  }
848  }
849  }
850  }
851  }
852  }
853  }
854  }
855  }
856  }
857  }
858  }
859  }
860  }
861  }
862  }
863  }
864  }
865  }
866  }
867  }
868  }
869  }
870  }
871  }
872  }
873  }
874  }
875  }
876  }
877  }
878  }
879  }
880  }
881  }
882  }
883  }
884  }
885  }
886  }
887  }
888  }
889  }
890  }
891  }
892  }
893  }
894  }
895  }
896  }
897  }
898  }
899  }
900  }
901  }
902  }
903  }
904  }
905  }
906  }
907  }
908  }
909  }
910  }
911  }
912  }
913  }
914  }
915  }
916  }
917  }
918  }
919  }
920  }
921  }
922  }
923  }
924  }
925  }
926  }
927  }
928  }
929  }
930  }
931  }
932  }
933  }
934  }
935  }
936  }
937  }
938  }
939  }
940  }
941  }
942  }
943  }
944  }
945  }
946  }
947  }
948  }
949  }
950  }
951  }
952  }
953  }
954  }
955  }
956  }
957  }
958  }
959  }
960  }
961  }
962  }
963  }
964  }
965  }
966  }
967  }
968  }
969  }
970  }
971  }
972  }
973  }
974  }
975  }
976  }
977  }
978  }
979  }
980  }
981  }
982  }
983  }
984  }
985  }
986  }
987  }
988  }
989  }
990  }
991  }
992  }
993  }
994  }
995  }
996  }
997  }
998  }
999  }
1000  }

```

```

Realizando o teste do palito foi verificada a formação de um filamento viscoso (1 a 2 cm de comprimento) ?
Sim
Quanta certeza tem desta observação? (Pouca/Muita/Intermedia)
muita
Asserted: org.engcia.cf.model.Evidence[CF=0.9 ; description=Teste do palito (formacao de filamento viscoso de 1 a 2 cm de comprimento) ; Value=true]
Updated: org.engcia.cf.model.Hypothesis[CF=0.6970000000000001 ; description=loqueamericana ; Value=true]
class org.engcia.cf.model.Hypothesis
Updated: org.engcia.cf.model.Hypothesis[CF=0.6970000000000001 ; description=loqueeuropeia ; Value=true]
class org.engcia.cf.model.Hypothesis
foi identificado mau cheiro na colmeia (cheiro a cola de sapateiro)?
Sim
Quanta certeza tem desta observação? (Pouca/Muita/Intermedia)
Muita
Asserted: org.engcia.cf.model.Evidence[CF=0.9 ; description=Mau cheiro (cheiro a cola de sapateiro) ; Value=true]
Updated: org.engcia.cf.model.Hypothesis[CF=0.8469850000000001 ; description=loqueamericana ; Value=true]
class org.engcia.cf.model.Hypothesis
Updated: org.engcia.cf.model.Hypothesis[CF=0.8469850000000001 ; description=loqueeuropeia ; Value=true]
class org.engcia.cf.model.Hypothesis
Diagnóstico Finalizado! O diagnóstico aponta para loque americana e loque europeia
Grau de confiança mínimo: 84,70%

```

Figura 3.13: Duplo Diagnóstico

### 3.2.7 Encerramento do sistema

O sistema pode ser encerrado de 3 maneiras diferentes. A primeira prende-se com o coeficiente de uma doença chegar ao mínimo para ser diagnosticada uma doença com certeza, questão que irá ser detalhada na secção seguinte. Se nenhuma doença no final de todas as questões chegar ao coeficiente de 0.7 mas existir uma doença com um coeficiente maior que 0.5, então o sistema irá informar o utilizador que existe alguma incerteza no diagnóstico, mas que a doença mais provável será essa. Finalmente, se nenhuma doença passar desse limite mínimo, então o programa encerra dizendo ao utilizador que não há conhecimento suficiente para suprimir as necessidades que este tem, já que não há sintomas "conhecidos" para as doenças existentes no sistema o que poderá querer dizer que o utilizador está presente outra doença ou sintoma que não está na base de conhecimento. Esta implementação está demonstrada na Figura 3.14.

```
1561     for (Object obj : hypotheses) {
1562         if (obj instanceof Hypothesis) {
1563             Hypothesis hypothesis = (Hypothesis) obj;
1564             if ((hypothesis.getcf() > 0.5)) {
1565                 System.out.println("Diagnóstico Finalizado! Existe alguma incerteza, mas o mais provável é " + hypothesis.getDescription());
1566                 System.exit(status:0);
1567             }
1568         }
1569     }
1570     System.out.println(x:"Não há conhecimento suficiente para fazer um diagnóstico, por favor contacte a DGAV.");
```

Figura 3.14: Encerramento da aplicação

### 3.3 Otimização e Eficiência no Sistema

Nesta secção irá ser descrita a forma como se procedeu à otimização no sistema.

#### 3.3.1 Grau de Certeza mínimo para considerar um diagnóstico

Como foi demonstrado no capítulo anterior, existem diversos sintomas para as 11 doenças que o trabalho aborda. Desta forma, não pode ser expectável que o sistema questione o utilizador sobre todos os sintomas de todas as doenças, pelo que foi decidido que, se houver um coeficiente de uma doença em algum momento, superior a 0.75, essa doença será considerada o diagnóstico final, pois já tem base suficiente para ser a principal candidata. Convém também referir que, da forma como foi desenvolvido o sistema, é matematicamente impossível haver um diagnóstico com apenas a presença de um sintoma, mesmo que este seja o sintoma mais indicativo de uma doença, pelo facto dos coeficientes dos sintomas mais importantes serem 0.7 e os coeficientes do maior grau de certeza do utilizador ser 0.9, logo o maior coeficiente que poderá existir através de um sintoma será obtido através de  $0.75 \times 0.9 = 0.675$  (isto, no "melhor" cenário). Um exemplo dessa implementação no código está presente na Figura 3.12 onde é verificado se naquele momento existe um coeficiente mínimo para diagnosticar a ascosferiose. O único momento onde não existe lida com a incerteza será a pergunta acerca da estação do ano, já que é algo factual.

#### 3.3.2 Importância dada ao peso dos sintomas na comunicação com o utilizador

Outra forma de otimizar o sistema dado o peso dos sintomas com mais importância será desistir de fazer perguntas sobre o diagnóstico de uma doença quando for matematicamente impossível diagnosticá-la. Esta questão é normalmente acentuada quando o utilizador recusa veementemente a existência de um sintoma, pelo que o sistema passa para a tentativa de diagnóstico da doença seguinte.

### 3.3.3 Utilização de variáveis em sintomas comuns para determinar se a pergunta já foi feita e a respetiva evidência registada

No entanto, como existem doenças com sintomas em comum, para o despiste de todas as doenças há perguntas que têm de se repetir. Para não haver perguntas repetidas ao utilizador, que pode piorar a sua experiência no sistema, foram implementadas variáveis booleanas inicializadas sempre com valor falso e atualizadas caso a pergunta seja realizada, que ditam no sistema se uma pergunta já foi respondida ou não, para que, se tiverem sido, não serem perguntadas outra vez, uma vez que a evidência já foi registada, enquanto que se não tiverem sido perguntadas, o sistema proceder normalmente a essa pergunta. Um exemplo desta verificação está na Figura 3.15.

```
if (perguntaManchasEscuras != false) {  
    System.out.println(x:"Foram identificadas manchas escuras na colmeia?");  
    ManchasEscurasNaColmeia = scanner.nextLine();  
    perguntaManchasEscuras = true;  
    System.out.println(x:"Quanta certeza tem desta observação? (Pouca/Muita/Intermedia)");  
    GrauDeCerteza = scanner.nextLine();  
}
```

Figura 3.15: Verificação da realização das perguntas

### 3.3.4 Ordem pela qual as questões são realizadas

Para otimizar ainda mais o sistema, a implementação da ordem das questões foi pensada, de modo a que dentro de cada doença fossem perguntados primeiro os sintomas com maior importância para que estas pudessem ser descartadas ou diagnosticadas mais facilmente. Entre doenças, a ordem que foi escolhida foi a de perguntar primeiro por sintomas de doenças que tenham sintomas em comum com outras, para que já haja uma evidência em comum com outras doenças. Quanto às estações do ano, foram logo perguntadas primeiro, porque são o elemento mais comum entre as doenças. Tendo em conta este elemento, as questões que são colocadas primeiro, prendem-se com a resposta referente às estações do ano, isto é: se a resposta for por exemplo "verão", as perguntas subsequentes estarão relacionadas com doenças que são diagnosticadas no verão. A ordem seguinte ordenando por estações, será a doença imediatamente anterior, já que a doença pode já ter sido desenvolvida há algum tempo e ter-se demorado a manifestar, de seguida a estação seguinte pois é a que neste momento tem o clima mais próximo da estação atual e finalmente a estação mais longe em último lugar.

De uma forma resumida a ordem é: doenças da estação onde o utilizador se encontra, dentro destas, doenças com sintomas em comum, e dentro de cada doença, os sintomas mais importantes.



## Capítulo 4

# Conclusão

### 4.1 Resumo do Projeto

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema de diagnóstico para doenças em abelhas, utilizando a metodologia de fatores de certeza. A escolha desta abordagem deve-se à complexidade e variabilidade na manifestação dos sintomas das doenças das abelhas, onde um único sintoma pode ser indicativo de várias doenças ou pode não estar presente em todos os casos de uma doença. Este sistema tem como objetivo auxiliar os apicultores a identificar com precisão as doenças nas suas colmeias, considerando não só os sintomas presentes, mas também a ausência de certos sintomas e a estação do ano, fatores que influenciam significativamente a saúde das abelhas.

### 4.2 Implementação e Desafios

A implementação do sistema foi realizada utilizando regras escritas em Drools, com classes Java para gerir o fluxo de perguntas e a recolha de evidências. Foram atribuídos coeficientes aos sintomas com base na sua importância para cada doença, e estas regras foram utilizadas para calcular a probabilidade de cada doença, ajustando-se dinamicamente conforme novas evidências eram introduzidas. Os principais desafios incluíram a transformação da informação em bruto do perito para regras, a gestão da incerteza nas respostas dos utilizadores perguntando a confiança na resposta, a necessidade de evitar perguntas repetitivas recorrendo a variáveis para registar a resposta e a otimização do sistema para fornecer diagnósticos rápidos e precisos.

### 4.3 Resultados e Benefícios

Os testes realizados demonstraram que o sistema é capaz de diagnosticar com precisão todas as doenças abordadas, oferecendo um diagnóstico final quando a confiança atinge um nível satisfatório, ou indicando a incerteza quando não há evidências suficientes. Esta abordagem permite aos apicultores tomar decisões informadas sobre o tratamento e gestão das suas colmeias, potencialmente reduzindo as perdas causadas por doenças e melhorando a saúde geral das abelhas.

### 4.4 Limitações e Trabalhos Futuros para funcionalidades novas

Apesar dos resultados positivos, o sistema apresenta algumas limitações. A base de conhecimento atual abrange apenas 11 doenças, e a precisão do diagnóstico depende da qualidade e quantidade de evidências fornecidas pelo utilizador. Além disso, a abordagem atual não lida com doenças desconhecidas ou novas, que não estejam na base de conhecimento.

Para trabalhos futuros, seria benéfico expandir a base de conhecimento para incluir mais doenças e sintomas, além de integrar técnicas para melhorar a capacidade de diagnóstico com base em padrões observados em grandes conjuntos de dados, permitindo que os coeficientes das doenças sejam ajustadas. Adicionalmente, desenvolver uma interface para o utilizador mais intuitiva e acessível poderia facilitar o uso do sistema por apicultores com diferentes níveis de experiência e conhecimento técnico.

### 4.5 Limitações e Trabalhos Futuros para mudança da implementação existente

Como foi referido anteriormente, uma das partes principais do sistema, nomeadamente no que toca à otimização, é a ordenação das doenças e dentro do diagnóstico das doenças a ordem pela qual as perguntas são feitas faz toda a diferença. Desta forma, apesar de terem sido estudadas formas diferentes de colocação das perguntas, não sendo implementadas podem ser algo a pensar para posteriormente serem analisados os resultados.

#### 4.5.1 Abordagem de pesquisa em profundidade

Primeiramente em vez de fazer perguntas realizadas com cada doença, uma abordagem possível seria perguntar primeiramente em que estação é que o utilizador se encontra, e posteriormente, perguntar pelo sintoma que pode trazer o diagnóstico mais rápido,

ou seja, seria os sintomas com mais importância das doenças que apresentam nesse momento um coeficiente maior. Esta abordagem seria interessante para potencializar eventuais diagnósticos que já estejam perto de serem realizados, no entanto, a ausência de um sintoma, diminui o coeficiente da doença no momento, o que pode levar a mudar de foco em termos de doença

#### **4.5.2 Abordagem de pesquisa em largura**

Já a pesquisa em largura também pode ser usada, para cobrir o maior número de doenças possível de cada vez, usando para isso os sintomas em comum. A primeira pergunta já poderia variar e ser perguntados primeiro sintomas em comum, independentemente da sua importância, ordenando por sintomas que cobrem o maior número de doenças, podendo assim, avançar com os coeficientes de muitas doenças ao mesmo tempo. O problema desta abordagem, é que, se se tratar de sintomas pouco importantes, o que acontecerá, é que apesar de se estar a cobrir o maior número de casos, o sistema irá tardar em chegar a um diagnóstico, por exemplo, porque como a importância é pouca, para chegar ao grau de confiança mínimo seria necessário recorrer a sintomas com maior importância.

#### **4.5.3 Abordagem de força bruta**

Apesar de extensa e não apelativa para o utilizador, esta abordagem é a que traz mais segurança no diagnóstico. Isto acontece porque ao usar esta abordagem sem interromper o sistema até este ter realizado as perguntas todas, haverá uma maior certeza no diagnóstico. Neste caso, ter-se-ia os coeficientes de todas as doenças. O grande inconveniente desta abordagem é o tempo dispendido em questões, já que, por exemplo, mesmo sendo evidente que não há indícios de uma doença, o sistema perguntaria sempre ao utilizador por mais indícios desta, enquanto houvesse sintomas desta que ainda não foram questionados. Por este motivo, esta abordagem é a menos eficiente das demonstradas, no entanto para fins de investigação científica, pode ser utilizada.

### **4.6 Conclusão Final**

Para concluir, o desenvolvimento deste sistema de diagnóstico para doenças nas abelhas representa um passo significativo na aplicação de tecnologias na apicultura. A utilização de fatores de certeza e regras lógicas proporciona uma ferramenta robusta e flexível, capaz de lidar com a complexidade inerente ao diagnóstico de doenças no mundo das abelhas. Com futuras melhorias e expansões, este sistema tem o potencial de se tornar um recurso valioso para apicultores em todo o mundo, contribuindo para a saúde e sustentabilidade das populações de abelhas.

## Capítulo 5

# Referências Bibliográficas

- CAP. (2007). *Manual de Sanidade Apícola*.