

INSITUTO POLITÉCNICO DO PORTO
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO
DEPARTAMENTO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

**Sistema pericial para auxilio na
abordagem da Via Aérea em doente
submetido a anestesia geral**

Equipa MEIdical
Danilo SILVA — nº1250424
João CASEIRO — nº1211334
Luís MAGALHÃES — nº1100628
Ricardo SOUSA — nº1201856
Tomás PEREIRA — nº1210830

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	1
1.2	Fontes de Conhecimento	2
1.3	Perito	2
1.4	Estrutura do Documento	2
2	Conhecimento Adquirido	3
2.1	Conhecimento	3
2.1.1	Fluxograma	3
2.1.2	Explicação do conhecimento	4
2.2	Explicação das mnemónicas	6
2.2.1	LEMON	7
2.2.2	MOANS	7
2.2.3	RODS	7
2.2.4	SHORT	7
2.3	Casos de Uso	8
2.3.1	Caso de Uso 1 — Via Aérea Difícil	8
2.3.2	Caso de Uso 2 — Via Aérea Difícil Não Previsível	9
2.4	Sessões de Aquisição do Conhecimento	10
2.4.1	Primeira sessão	10
2.4.2	Segunda sessão	10
2.4.3	Terceira sessão	10
2.4.4	Quarta sessão	11
3	Reflexões finais	12
3.1	Adequação do trabalho ao meio envolvente	12
3.2	Próximos objetivos	12
3.3	Possibilidades de Desenvolvimento Futuro	12
3.4	Principais Aspetos Caracterizadores do Projeto	12
3.5	Conclusão	13

Lista de Figuras

1	Fluxograma do conhecimento.	3
2	Fluxograma para determinar abordagem da via aérea.	4
3	Fluxograma de uma abordagem da via aérea difícil.	5
4	Fluxograma de uma via aérea difícil não previsível.	6
5	Caso de uso 1 — Via Aérea Difícil.	8
6	Caso de uso 2 — Via Aérea Difícil Não Previsível.	9

1 Introdução

O avanço da **Inteligência Artificial (IA)** tem sido notável em variadíssimas áreas. Na medicina, este também é o caso. Na verdade, o uso desta tecnologia na medicina iniciou-se nos anos 60 com o desenvolvimento de um sistema chamado **DENDRAL** [1], usado para descobrir a estrutura química de um composto através da sua espectrometria. Este é também o primeiro exemplo de um **Sistema Pericial (SP)**.

Os **SPs** são sistemas onde o conhecimento provém de um perito numa determinada área, evitando assim a necessidade de procurar informação em fontes externas, e obtendo-a de uma fonte fiável e aplicada ao problema em questão. O sistema pericial mais conhecido é o **MYCIN** [2] que veio revolucionar este tipo de sistemas e definir o padrão para os que se seguiram, introduzindo fatores de certeza e uma arquitetura baseada em regras. Desde então que os **SPs** têm sido aplicados em diversas áreas, desde a medicina, à engenharia, finanças, entre outras.

Este projeto aborda uma área com muito pouca margem para erro, onde é crucial o perito saber qual o melhor caminho a tomar, podendo uma decisão errada ter consequências muito graves para o paciente.

A Anestesiologia é o controlo da dor, da consciência de um paciente, e das suas funções vitais durante um procedimento médico. Quando um paciente está anestesiado, este encontra-se num estado onde tem dificuldade em realizar certas funções autonómicas, como respirar, regular a temperatura corporal, funções gastro-intestinais, entre outros. Devido a isto, um dos principais e mais delicados trabalhos do anestesiologista é o de ventilar o paciente de forma a poder controlar diretamente a respiração do mesmo.

1.1 Objetivos

Este projeto tem como principal objetivo prever com elevada precisão qual a abordagem da via aérea a aplicar tendo em conta as características de cada paciente. Num primeiro momento, baseado nessas mesmas características, será determinado se um doente tem ou não uma **Via Aérea Difícil (VAD)**. Nesta fase, o importante é ajudar o perito a evitar uma situação de **Via Aérea Difícil Não Previsível (VADNP)**, avaliando as características dos pacientes e atribuindo diferentes pesos a cada uma delas de modo a chegar a uma conclusão mais correta possível.

Numa segunda fase, depois de determinar a abordagem a efetuar, o perito será guiado pelas várias fases do processo de forma a efetuar os passos mais acertados para cada situação específica. Desta forma, o sistema atua como um guia interativo de apoio à decisão, garantindo maior segurança e consistência na execução dos procedimentos médicos.

Para além destes objetivos principais, o projeto visa também:

- Promover a explicabilidade das decisões tomadas através da geração automática de justificações que permitem ao utilizador a qualquer momento obter um esclarecimento do procedimento sugerido ou da conclusão a que foi chegada;
- Diminuir o tempo gasto no processo de avaliação inicial ou tomadas de decisão sobre o procedimento adequado, que pode ser crucial para a vida do paciente;
- Apoiar a investigação e melhoria contínua, por exemplo, através da recolha e análise

de dados anónimos dos pacientes que podem contribuir para estudos futuros e melhoramento do sistema, de forma a ser possível obter resultados cada vez mais precisos.

Desta forma, este projeto não se limita a uma ferramenta de previsão, mas constitui um sistema completo de apoio à decisão médica.

1.2 Fontes de Conhecimento

O conhecimento para este projeto foi adquirido na sua grande maioria em reuniões com o perito e documentos fornecidos pelo mesmo. No entanto, foram também analisados trabalhos semelhantes e realizado um estado da arte, além de pesquisas em artigos científicos para melhor ajudar a compreender e contextualizar o problema.

A principal fonte de conhecimento foi um documento fornecido pelo perito, os Consensos na Gestão Clínica da Via Aérea em Anestesiologia, publicado em 2016 na revista da SPA [3]. Este documento detalha os procedimentos necessários para efetuar as diferentes abordagens da via aérea, utilizando esquemas explicativos e mnemónicas utilizadas pelos peritos para avaliar as características dos pacientes, entre muita outra informação relevante.

Mesmo assim, o perito foi fundamental para escalrecer dúvidas, explicar muitos dos conceitos presentes no documento e organizar o conhecimento de forma a que este possa ser utilizada para o desenvolvimento do SP.

1.3 Perito

O perito escolhido para este projeto foi o Dr. Dinis Fernando Pereira Pinheiro Machado da Costa, médico assistente graduado e consultor em anestesiologia do Hospital de Braga. O Dr. Dinis Costa é também formado em Via Aérea pela EAMS e integra o grupo de Via Aérea do Hospital de Braga, entre outros. Mestre em Medicina pela Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, o perito é também formador em Via Aérea e colaborador em várias instituições hospitalares.

1.4 Estrutura do Documento

Este documento encontra-se organizado em capítulos e sub-capítulos de forma a organizar o seu conteúdo da melhor maneira.

No primeiro capítulo, será feita uma breve introdução ao tema dos SP, bem como ao problema em questão, denotando os objetivos traçados para o sistema. Irá também ser feita uma introdução do perito e das fontes de conhecimento utilizadas.

O segundo capítulo terá como objetivo detalhar todo o conhecimento adquirido e a sua proveniência. Será também apresentado e explicado o fluxograma do conhecimento.

No terceiro capítulo será feita uma breve reflexão sobre o conhecimento adquirido e detalhados quais os próximos passos a tomar no desenvolvimento do projeto.

2 Conhecimento Adquirido

Nesta secção é apresentado o conhecimento adquirido ao longo do desenvolvimento do sistema, bem como a forma como este foi estruturado e representado no motor de inferência. Será representado e explicado detalhadamente o fluxograma do conhecimento obtido e cada uma das mnemónicas e os seus fatores. De seguida, serão mostrados dois casos de uso e, finalmente detalhadas as sessões com o perito.

2.1 Conhecimento

2.1.1 Fluxograma

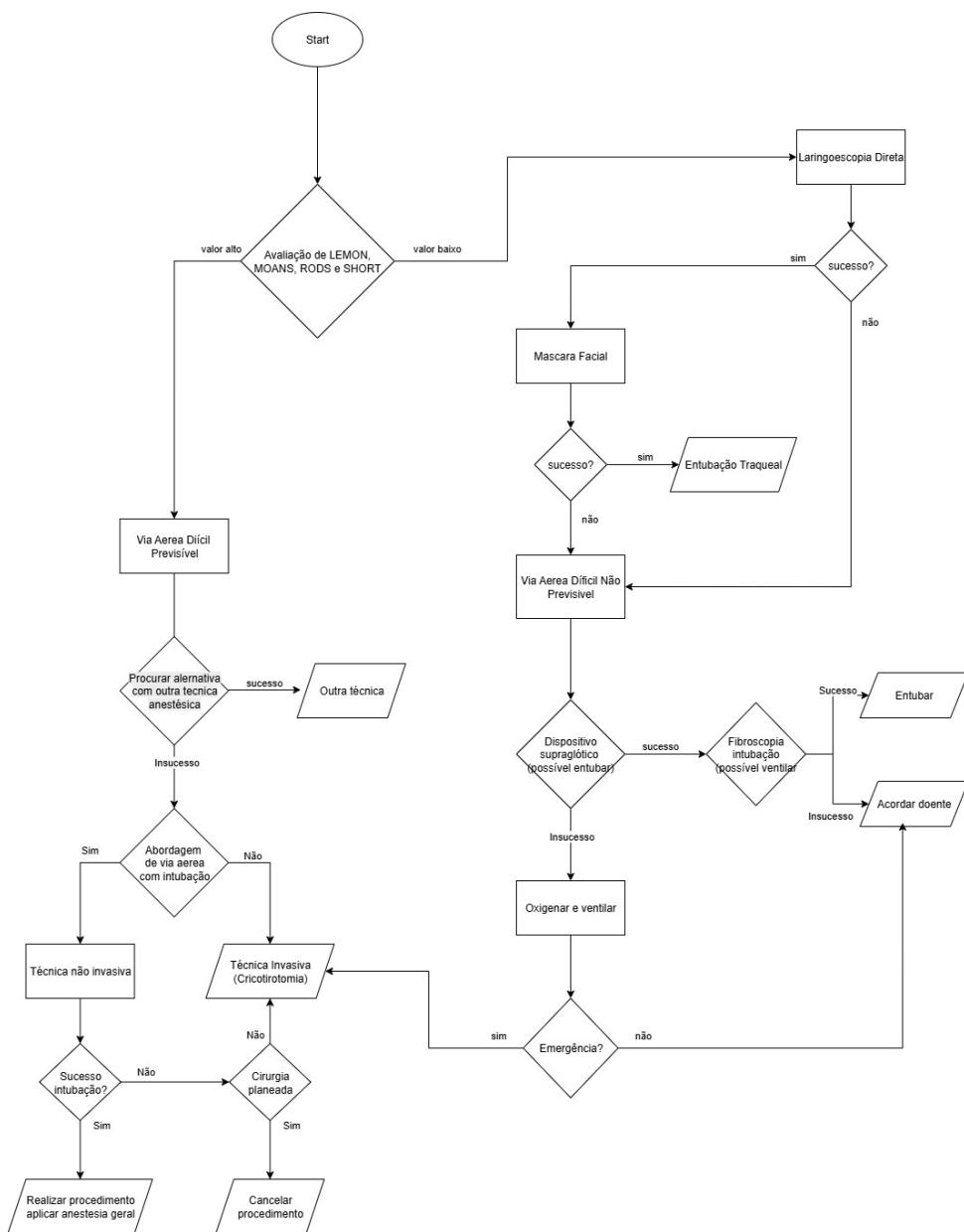


Figura 1. Fluxograma do conhecimento.

2.1.2 Explicação do conhecimento

O primeiro passo, e também o mais importante é determinar se o paciente tem uma **VAD** ou se a ventilação é possível usando métodos convencionais. Para isso, o perito faz uma série de perguntas com o objetivo de avaliar certas características do paciente.

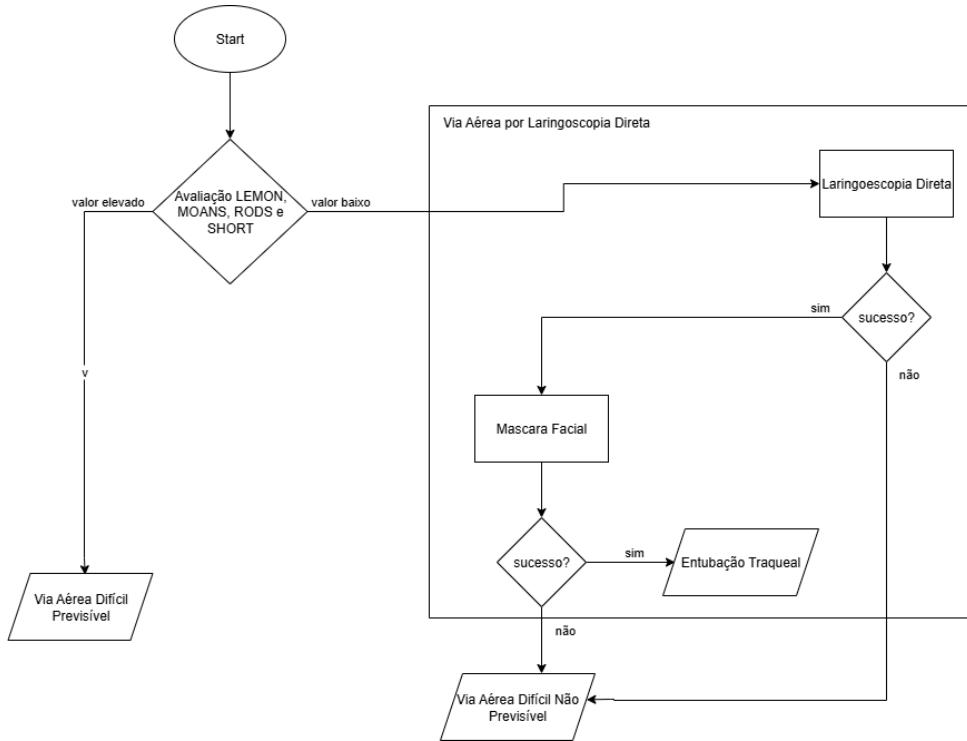


Figura 2. Fluxograma para determinar abordagem da via aérea.

Normalmente, são utilizadas quatro mnemónicas para avaliar estes critérios: **LEMON**, **MOANS**, **RODS** e **SHORT** [3].

Cada letra de cada mnemónica equivale a uma característica do paciente que pode dificultar o procedimento. Por exemplo, o letra M da mnemónica **MOANS** significa *Mask seal*, ou seja, o perito pode ter dificuldade em aplicar a máscara facial pois o paciente pode ter barba densa ou sangue facial que comprometa a operação. Para uma explicação detalhada dos fator de cada mnemónica, ver Secção 2.2.

Sendo assim, cada fator vai ter um determinado peso na decisão final de qual a abordagem da via áerea do paciente. Por exemplo, o fator “idade” da mnemónica **MOANS** (*Age*), refere que o paciente tem mais probabilidade de ter uma **VAD** se tiver mais de 55 anos. Isto porque, pacientes com mais idade podem apresentar falta de músculo ou tônus da via aérea o que dificulta a aplicação da máscara facial. No entanto, a idade por si só não é um fator decisivo neste aspecto, pois um paciente pode ter uma idade superior a 55 anos e não apresentar estes problemas. Logo este fator terá um peso menor na decisão final.

Igualmente, as quatro mnemónicas não têm o mesmo peso na decisão final. A mnemónica **LEMON** é a mais importante, já que avalia a dificuldade de realizar uma **Laringoscopia Direta (LD)**, que é um passo fundamental para a ventilação do paciente.

Depois do paciente ser avaliado, e de obtermos um resultado proveniente das médias ponderadas das mnemónicas, existem dois caminhos possíveis. Se o valor obtido for baixo, então será considerada uma abordagem de via aérea normal. Será feita uma **LD**, aplicada a máscara facial e, por fim, a intubação traqueal que terminará o processo. Se o valor obtido for elevado, então o paciente tem uma **VAD** e serão necessárias utilizar técnicas diferentes, como pode ser visto na Figura 3.

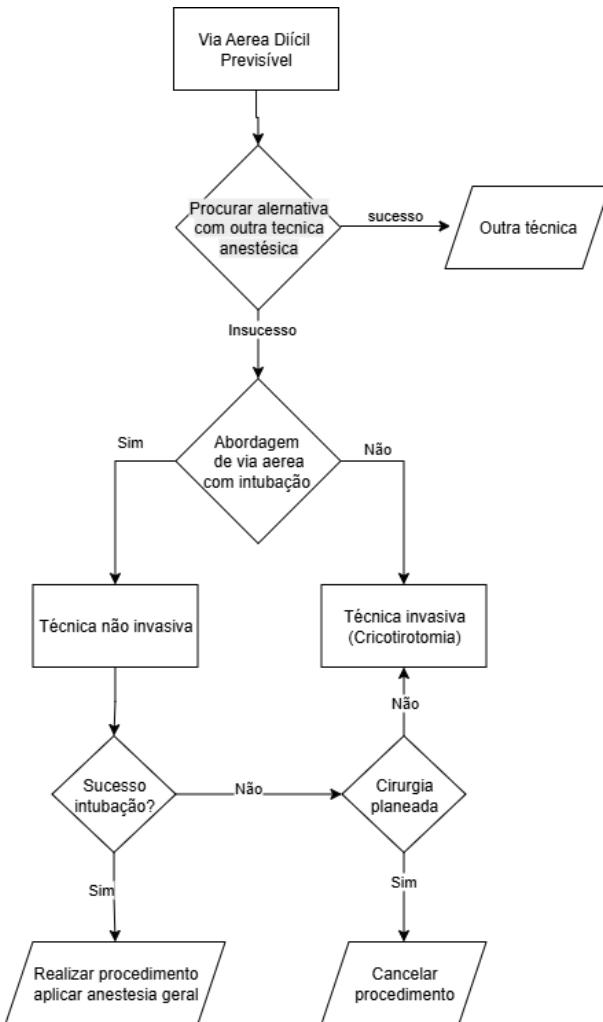


Figura 3. Fluxograma de uma abordagem da via aérea difícil.

Neste caso, o primeiro passo será avaliar se existe outra técnica de ventilação possível. Se for concluído que não, será efetuada uma abordagem da via aérea e intubação com o doente em **ventilação espontânea** e, dependendo do caso, poderá ser necessário utilizar uma técnica invasiva, como a **cricotiotomia**.

No entanto, devido à subjetividade destas avaliações, é possível que algo corra mal durante o processo de intubação e que este se possa transformar num **VADNP**. Estes são os casos que se pretendem evitar pois podem vir a trazer complicações graves para o paciente, caso não sejam rapidamente resolvidas. O procedimento pode ser visto na Figura 4.

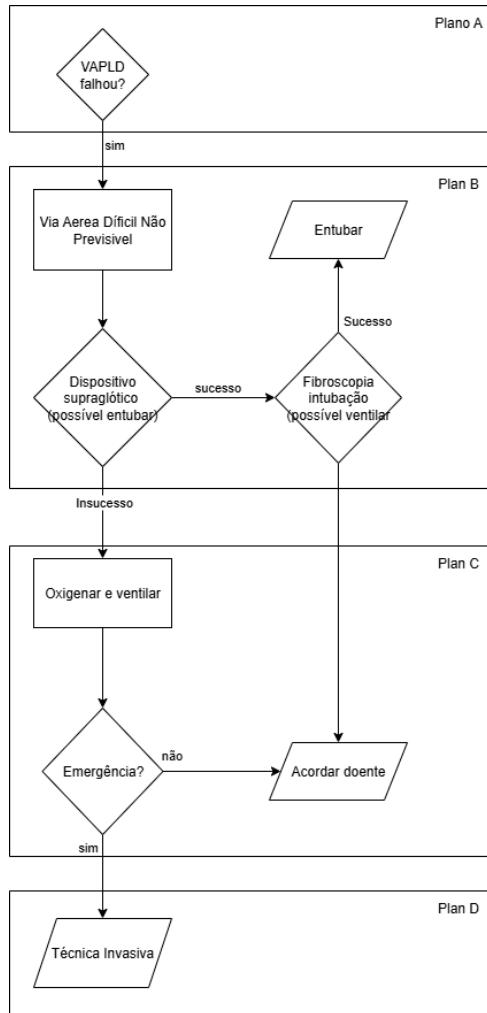


Figura 4. Fluxograma de uma via aérea difícil não previsível.

Caso este seja o caso, será inserido um dispositivo supraglótico, que permite efetuar a ventilação do paciente sem a necessidade de realizar uma LD. Caso tudo corra bem, será então realizada uma fibroscopia para verificar se é possível ventilar. Em caso afirmativo, será então realizada a intubação. Caso contrário, o paciente irá ser acordado.

Por outro lado, se o dispositivo supraglótico concluir que não é possível entubar o paciente, este será acordado e a cirurgia será adiada. No entanto, pode acontecer que o paciente não possa ser acordado e, nestes casos terão de ser efetuados técnicas invasivas como uma cricotiromia. A probabilidade de sucesso desta técnica é determinada pela mnemónica SHORT.

2.2 Explicação das mnemónicas

Como já foi brevemente explicado, as mnemónicas são usadas para avaliar vários fatores do paciente que podem contribuir negativamente para a sucesso de uma abordagem normal da via aérea. Cada mnemónica é utilizada para determinar a dificuldade de realizar um determinado procedimento médico associado à intubação do paciente. Dado isto, cada mnemónica tem um peso diferente no resultado final, bem como cada fator dentro de cada mnemónica.

2.2.1 LEMON

A mnemónica **LEMON** é a mais importante das quatro. Esta avalia a dificuldade de realizar uma **LD**, um paço crucial para a ventilação do paciente.

- L → *Look Externally*. (Se a via aparenta ser difícil, provavelmente é).
- E → *Evaluate the 3-3-2 rule*. (Distâncias de abertura da boca, mento ao osso hióide e espaço mandibular, em dedos, respetivamente).
- M → *Mallampati Score*. (Grau de exposição de estruturas posteriores da orofaringe).
- O → *Obstruction/Obesity*.
- N → *Neck Mobility*. (A imobilização cervical torna a laringoscopia mais difícil).

2.2.2 MOANS

A mnemónica **MOANS** avalia a dificuldade de aplicar uma máscara facial.

- M → *Mask Seal*. (Barba, presença de sangue facial, entre outros, dificultam a selagem da máscara à face).
- O → *Obstruction*. (Alguns fatores como obesidade, gravidez, ou inflamações na via aérea).
- A → *Age*. (Pacientes com idade avançada podem ter uma perda muscular ou de tônus da via aérea elevada).
- N → *No teeth*. (A falta de dentes pode implicar dificuldades na selagem da máscara facial).
- S → *Stiffness*. (Doentes com resistência pulmonar aumentada, como por exemplo, asma).

2.2.3 RODS

A mnemónica **RODS** avalia a dificuldade de aplicar um **dispositivo supraglótico**.

- R → *Restricted Mouth Opening*. (Limitada abertura bucal).
- O → *Obstruction*. (Obstrução abaixo da laringe).
- D → *Disrupted/Distorted Airway*. (Danos na via aérea).
- S → *Stiff Lungs*. (Diminuição da capacidade pulmonar ou da mobilidade cervical).

2.2.4 SHORT

A mnemónica **SHORT** avalia a dificuldade de realizar uma **cricotiotomia**.

- S → *Surgery*. (Cirurgia prévia na via aérea).
- H → *Hematoma*.
- O → *Obstruction*.
- R → *Radiation*. (Radiação prévia).

- T → *Trauma*.

2.3 Casos de Uso

Para melhor entender o domínio, irão ser apresentados dois casos de uso, um onde o paciente tem uma **VAD** e outra onde é necessária uma abordagem de **VADNP**.

2.3.1 Caso de Uso 1 — Via Aérea Difícil

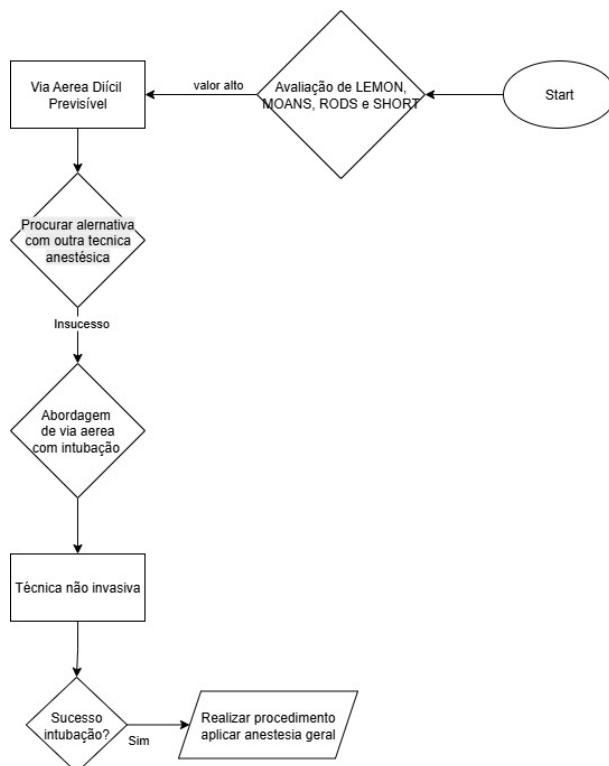


Figura 5. Caso de uso 1 — Via Aérea Difícil.

Consideremos o caso hipotético de um paciente com as seguintes características:

- Idade: 60 anos
- Sem dentes
- Distância mento-hióide: 1 dedo
- Mobilidade cervical: normal
- Com barba densa
- Sem obstrução da via aérea
- Com antecedentes de cirurgia prévia na via aérea

Com base nestas características, o sistema irá então avaliar a dificuldade de realizar uma abordagem normal da via aérea. O paciente tem uma idade acima do limite, no entanto este fator tem um peso baixo na decisão final. Contudo, o facto de este não possuir dentes e ter uma barba densa são fatores muito consideráveis na aplicação da máscara facial, bem como uma distância mento-hióide muito curta. O sistema irá então concluir que é necessária uma abordagem de **VAD**.

De seguida, o perito irá avaliar se existe outra técnica de ventilação possível no momento. Neste caso hipotético, o perito conclui que não existe, por isso será realizada uma abordagem de via aérea com intubação com recurso a uma técnica não invasiva, como uma **fibroscopia**. O procedimento realiza-se com sucesso e é então possível aplicar anestesia geral. O fluxograma para este caso pode ser visto na Figura 5.

Em relação às regras ativadas por este caso de uso, em primeiro lugar serão acionadas as regras de criação dos fatores. Neste caso, os fatores correspondentes à idade (LEMON-A), ausência de dentes (MOANS-N), barba densa (MOANS-M), distância mento-hióide reduzida (LEMON-E) e antecedentes de cirurgia na via aérea (SHORT-S). De seguida, será efetuado o cálculo de previsão de via aérea utilizando valores de certeza. Neste exemplo, o valor obtido será acima do estipulado como valor máximo para via aérea normal para a mnemônica MOANS e, dado isso, irá ativar a regra correspondente, chegando então a uma conclusão intermédia. A partir daqui, o sistema irá interativamente, para cada processo, perguntar ao utilizador pelo sucesso/insucesso do mesmo e com base na sua resposta ativar as regras correspondentes até chegar a uma conclusão final. Por exemplo, após o insucesso de “Realizar uma abordagem da via aérea com intubação”, o sistema irá acionar uma regra para iniciar o processo de “Técnica não invasiva”, e retornar ao utilizador a abordagem recomendada. Após o processo, o utilizador seleciona o sucesso da opção no sistema e, será acionada a regra final, que cria a conclusão “Aplicar anestesia geral”.

2.3.2 Caso de Uso 2 — Via Aérea Difícil Não Previsível

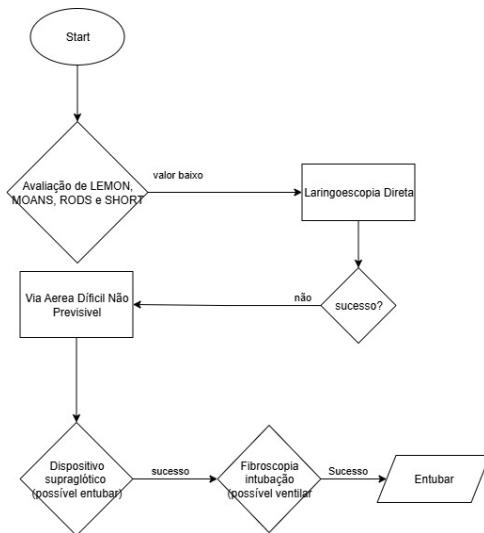


Figura 6. Caso de uso 2 — Via Aérea Difícil Não Previsível.

Consideremos agora o seguinte caso hipotético de um paciente com as seguintes características:

- Idade: 30 anos
- Sem barba
- Com dentes
- Distância mento-hióide: 3 dedos
- Mobilidade cervical: normal
- Sem obstrução da via aérea
- Sem antecedentes de cirurgia prévia na via aérea

Neste caso, não existe qualquer indicio relevante que indique que o paciente possa ter uma **VAD**. O paciente é jovem, não apresenta barba, tem dentes, uma distância mento-hióide normal e não apresenta qualquer obstrução da via aérea. Dado isto, o sistema irá então concluir que é possível realizar uma abordagem normal da via aérea.

No entanto, durante o procedimento de **LD**, algo corre inesperadamente mal e o procedimento transforma-se numa **VADNP**. O perito tenta, com um dispositivo supraglótico verificar se a intubação é possível e com uma **fibroscopia** se o paciente pode ser ventilado. Ambos os procedimentos têm sucesso e então o sistema conclui que o paciente pode ser intubado. O fluxograma para este caso pode ser visto na Figura 6.

Para este exemplo, o processo é muito similar. Neste caso, não são ativadas nenhuma regras para criação dos fatores e, por isso, é acionada a regra para iniciar o processo de **LD**. O processo será semelhante ao descrito no caso anterior, recomendando ao utilizador o processo seguinte, o utilizador indicando o sucesso/insucesso das operações e, consoante essa avaliação, será disparada a regra correspondente que irá iniciar o processo seguinte até o sistema chegar a uma conclusão final.

2.4 Sessões de Aquisição do Conhecimento

2.4.1 Primeira sessão

Data: 23/09/2025

A primeira sessão foi uma sessão de apresentação do perito à equipa e vice-versa. Foram colocadas em cima da mesa vários problemas dentro da área de anestesia que seriam interessantes de abordar com um **SP**, no entanto, dado à proximidade profissional do perito com a área da anestesia por via aérea, foi decidido que seria este o tema a abordar. Foi feita à equipa uma apresentação e explicação dos conceitos básicos do domínio, e foi fornecido um documento ([3]) que o perito considerou de extrema relevância para o desenvolvimento do conhecimento do projeto. A equipa ficou com a tarefa de analisar o documento e preparar questões para a próxima sessão.

2.4.2 Segunda sessão

Data: 28/09/2025

O principal objetivo da segunda sessão era esclarecer dúvidas sobre o documento fornecido anteriormente. Com a ajuda do perito, foi possível sistematizar e compreender os vários esquemas e fluxogramas e quais os pontos mais relevantes a serem tidos em conta. Foram também discutidas as mnemónicas e a sua importância na avaliação do paciente.

2.4.3 Terceira sessão

Data: 4/10/2025

Para a terceira sessão, a equipa preparou um primeiro fluxograma do conhecimento, baseado no que tinha sido discutido anteriormente. Após revisão do mesmo com o perito, foram feitas várias alterações ao mesmo. Foi também discutida a possibilidade de atribuir pesos a cada fator das mnemónicas, bem como a cada mnemónica em si de forma a que o sistema possa ser o mais preciso na sua avaliação.

2.4.4 Quarta sessão

Data: 11/10/2025

Sessão final para validação do conhecimento adquirido. Também foram esclarecidas algumas dúvidas finais e ajustados alguns valores probabilísticos referentes aos pesos das mnemónicas e dos seus fatores.

3 Reflexões finais

3.1 Adequação do trabalho ao meio envolvente

O sistema desenvolvido apresenta uma clara adequação ao contexto hospitalar, uma vez que foi concebido para apoiar rapidamente e com clareza profissionais de saúde na avaliação e gestão de vias aéreas difíceis, um processo crítico em ambientes de urgência e anestesia. A forma como o projeto foi desenvolvido facilita a sua integração em infraestruturas existentes, sem necessidade de grandes alterações nos sistemas em uso, apenas sendo necessário o acesso do utilizador a um website onde rapidamente este pode iniciar o processo de auxílio de decisão. Além disso, as justificações do motor de inferência contribuem para a transparência das decisões clínicas, reforçando a confiança dos profissionais e promovendo a segurança do doente. Assim, este sistema demonstra um elevado potencial de aplicação prática em hospitais e outras instituições de saúde, tanto no apoio à decisão em situações críticas, como até mesmo na formação médica.

3.2 Próximos objetivos

O principal passo seguinte a tomar será ajustar os valores probabilísticos dos pesos das mnemónicas e dos seus fatores para valores definitivos. Com o conhecimento adquirido, o próximo passo será a implementação do SP em si. Já foi feita a implementação das APIs tanto em Prolog como em Java, usando Spring Boot neste último caso. De seguida, será desenvolvida o *frontend* do sistema e serão codificadas as várias regras do conhecimento tanto em Prolog como em Drools.

3.3 Possibilidades de Desenvolvimento Futuro

No futuro será possível desabstrair as mnemónicas, passando a usar os seus fatores físicos nas regras. Isto irá permitir que a avaliação da via aérea seja mais detalhada e precisa. Também poderá indicar a zona e o grau de dificuldade do procedimento, recorrendo a uma representação gráfica (imagem vectorial) da via aéria e os pontos de potencial complicação. Prevê-se ainda o armazenamento dos resultados das previsões, possibilitando o refinamento manual e/ou dinâmico dos pesos atribuídos a cada condição, assim como a exportação das avaliações físicas, previsões da via aérea e procedimento cirúrgico de cada paciente.

3.4 Principais Aspetos Caracterizadores do Projeto

Apresenta uma interface moderna, simples e intuitiva, desenvolvida para facilitar a inserção de factos através de caixas de seleção, evitando a entrada sequencial de dados, e facilita a visualização dos resultados das inferências. Segue os critérios clínicos e baseia-se em fatores e guidelines oficiais da especialidade, assegurando o rigor científico. Apoia a decisão médica mediante a previsão de uma possível via aérea difícil e a sugestão dos procedimentos adequados, apresentados passo a passo, para além de justificar as suas escolhas tanto durante, como após a execução, de maneira a promover transparência e confiança no mesmo.

3.5 Conclusão

O conhecimento adquirido tem um grande impacto na precisão do **SP**, ainda mais numa área tão sensível. A ajuda do perito foi fundamental durante todo o processo, desde a aquisição, até à validação do mesmo.

Referências

- [1] Edward Feigenbaum, Bruce Buchanan e Joshua Lederberg. «On generality and problem solving: A case study using the DENDRAL program». Em: *Machine Intelligence* 6 (set. de 1970). URL: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:zr438xj0026/zr438xj0026.pdf> (ver p. 1).
- [2] Edward H. Shortliffe e Bruce G. Buchanan. «A model of inexact reasoning in medicine». Em: *Mathematical Biosciences* 23.3 (1975), pp. 351–379. ISSN: 0025-5564. DOI: [https://doi.org/10.1016/0025-5564\(75\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0025-5564(75)90047-4). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0025556475900474> (ver p. 1).
- [3] Jorge Matos Órfão et al. «Consensos na Gestão Clínica da Via Aérea em Anestesiologia». Em: *Revista da Sociedade Portuguesa de Anestesiologia* 25.1 (mar. de 2016), pp. 7–31. DOI: [10.25751/rspa.8714](https://doi.org/10.25751/rspa.8714). URL: <https://revistas.rcaap.pt/anestesiologia/article/view/8714> (ver pp. 2, 4, 10).