



Lisbon School  
of Economics  
& Management  
Universidade de Lisboa

## **MESTRADO**

# **MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA A DECISÃO ECONÓMICA E EMPRESARIAL**

## **TRABALHO FINAL DE MESTRADO**

### **RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

Documento Final

## **ANÁLISE DE CONFORMIDADE EM PROCESSOS DE SAÚDE: ENDOMETRIOSE NO HOSPITAL DA LUZ DE LISBOA**

**PATRÍCIA FILIPA CARDOSO CASTRO**

### **ORIENTAÇÃO:**

PROF<sup>a</sup> DOUTORA MARIA CÂNDIDA VERGUEIRO MONTEIRO CIDADE MOURÃO (ISEG)  
PROF DOUTOR FILIPE COSTA (HOSPITAL DA LUZ, LISBOA)

DOCUMENTO ESPECIALMENTE ELABORADO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE

**DEZEMBRO – 2022**



## **Glossário**

**BPM** – *Business Process Management*

**BPMN** – *Business Process Management Notation*

**CP** – *Clinical Pathway*

**CSV** – *Comma Separated Values*

**EL** – *Event Log*

**HLL** – Hospital da Luz de Lisboa

**MCDT** – Métodos Complementares de Diagnóstico e Tratamento

**NHS** – *National Health Service*

**NICE** – *Institute for Health and Care Excellence*

**RMN** – Ressonância Magnética Nuclear

**RP** – Redes de Petri

**XES** – *Extensive Event Stream*

## Resumo

A crescente necessidade de prestar serviços médicos de alta qualidade tem levado, gradualmente, as organizações de saúde a implementar técnicas de *Process Mining* para otimizar os processos clínicos e, conseqüentemente, melhorar a eficiência hospitalar. Estas técnicas têm a capacidade de detetar problemas de conformidade entre o padrão de atuação teórico e o padrão de atuação real, combatendo os desvios injustificados da prática clínica e melhorando a qualidade dos serviços prestados. Assim, a monitorização da conformidade cria valor não só para a organização como para o paciente.

O presente trabalho surgiu na sequência de um estágio realizado ao abrigo de um protocolo entre o Instituto Superior de Economia e Gestão e o Hospital da Luz. O principal objetivo consistiu na avaliação da conformidade para 153 pacientes detetados com endometriose, em 2021. A primeira etapa do trabalho envolveu a modelação do processo clínico, associado à patologia em estudo, na linguagem BPMN. Em seguida, procedeu-se ao tratamento e processamento dos dados clínicos disponibilizados pelo sistema de informação do Hospital da Luz. Por fim, o *software ProM* auxiliou a detetar irregularidades e padrões através da extração de informação do programa e, conseqüentemente, a propor melhorias com vista a aumentar a qualidade dos serviços médicos prestados.

Os resultados permitiram concluir que nenhum paciente da amostra teve um percurso em total conformidade com os pressupostos teóricos do Hospital da Luz. Em média, mais de metade dos pacientes apresentaram níveis de conformidade baixos, o que sugere um grande espaço para melhorias no que respeita à aplicação das recomendações teóricas no contexto real.

**Palavras-chave:** Conformidade, *Process Mining*, *Software ProM*, Modelação de Processos Clínicos, Padrão de Atuação Real e Teórico.

## Abstract

The growing need to provide high-quality medical services has gradually led healthcare organizations to implement Process Mining techniques to improve clinical processes and, consequently, to maximize hospital efficiency. These techniques have the ability to detect compliance problems between the theoretical performance and the actual performance patterns, preventing unjustified deviations in clinical practice and improving the quality of services provided. Thus, compliance monitoring creates value not only for the organization but also for the patient.

This study arose from an internship carried out under a protocol between ISEG and Hospital da Luz. The main goal was to assess compliance for 153 patients diagnosed with endometriosis in 2021. The first step consisted of modeling the clinical process, associated with the pathology under study, in the BPMN language. Then, the clinical data, made available by the information system of Hospital da Luz, was treated and processed. Finally, the ProM software, helped detect irregularities and patterns through the extraction of information from the program and, consequently, to propose improvements in order to increase the quality of the medical services provided.

The results point to the conclusion that no patient in the sample followed a path in full compliance with the theoretical assumptions of Hospital da Luz. On average, more than half of the patients presented low levels of compliance, which suggests room for improvement regarding the adherence to theoretical recommendations in the real context.

**Keywords:** Compliance, Process Mining, ProM software, Clinical Process Modeling, Real and Theoretical performance pattern.

## **Agradecimentos**

O presente Trabalho Final de Mestrado é o resultado de uma jornada de muitas horas investidas, inúmeros desafios, percalços, incertezas e alegrias que, com o contributo de várias pessoas, culminou com o profundo sentimento de dever cumprido. Consciente de que sozinha nada disto teria sido possível, estou certa que este caminho só foi possível devido ao apoio, energia e positividade de várias pessoas a quem dedico este trabalho.

Em primeiro lugar, dirijo um especial agradecimento aos meus pais e avós, por serem modelos de coragem e determinação, pelo seu apoio incondicional, incentivo constante, companheirismo e amizade demonstrados na superação de cada obstáculo. Agradeço pela educação que me deram, pelos valores que me inculcaram, pelo amor, e pelo esforço familiar que me permitiu chegar até aqui.

Em segundo lugar, saliento a orientação exemplar da Professora Doutora Maria Cândida Mourão, pautada pelo elevado e rigoroso nível científico, pelo interesse permanente, pela visão crítica e oportuna, pelo empenho inabalável e saudavelmente exigente, necessário para o enriquecimento deste trabalho. À Professora Doutora Raquel Bernardino, agradeço pela elevada competência, pela total disponibilidade e pela dedicação que, certamente, marcaram o meu percurso. A ambas, deixo um sincero agradecimento por terem feito desta experiência de aprendizagem, algo agradável, mesmo nos momentos cruciais da jornada. A vossa aptidão para transmitir conhecimento de forma competente e assertiva foi determinante para a concretização deste trabalho.

Ao Hospital da Luz de Lisboa, agradeço a oportunidade de conhecer a estrutura e dinâmica interna da instituição. Em particular, agradeço ao Professor Doutor Filipe Costa, ao Pedro Cardoso e à Ana Bilé, pela oportunidade única de realizar o meu trabalho sob orientação de excelentes profissionais. Agradeço cada hora que disponibilizaram para enriquecer o meu conhecimento nesta área.

Aos docentes do Mestrado de Métodos Quantitativos para a Decisão Económica e Empresarial, deixo um agradecimento pelos conhecimentos transmitidos nos últimos dois anos e pelo contributo que cada um teve, quer no meu percurso académico quer no meu percurso pessoal.

Aos meus amigos, obrigada por todo o apoio, companheirismo e segurança.

# Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Objetivos do Estágio .....  | 1         |
| 1.2. Estrutura do Documento .....  | 2         |
| <b>2. Enquadramento e Revisão de Literatura .....</b>                        | <b>4</b>  |
| 2.1. Endometriose .....  | 4         |
| 2.2. <i>Clinical Pathway</i> .....   | 6         |
| 2.3. <i>Event Log</i> .....  | 8         |
| 2.4. <i>Process Mining</i> .....   | 10        |
| 2.4.1. Processo de Descoberta .....  | 11        |
| 2.4.2. Análise de Conformidade .....   | 16        |
| 2.4.3. Técnicas de Melhoria.....   | 20        |
| 2.5. <i>Software ProM</i> .....  | 20        |
| <b>3. Metodologia.....</b>   | <b>21</b> |
| 3.1. Modelação Processual do <i>Clinical Pathway</i> – Hospital da Luz ..... | 21        |
| 3.2. Análise de Dados .....  | 23        |
| 3.2.1. Dados Brutos .....  | 23        |
| 3.2.2. Processamento das Bases de Dados.....                                 | 23        |
| 3.2.3. Dados Processados .....   | 26        |
| 3.3. Aplicação no <i>Software ProM</i> .....                                 | 27        |
| <b>4. Discussão de Resultados.....</b>                                       | <b>28</b> |
| 4.1. Resultados Gerais de Conformidade.....                                  | 28        |
| 4.2. Análise de Conformidade .....   | 29        |
| 4.2.1. Conformidade Global .....   | 30        |
| 4.2.2. Distribuição dos Pacientes por Níveis de Conformidade .....           | 31        |
| 4.2.3. Relação entre a <i>Fitness</i> e o Número de Atividades .....         | 32        |
| 4.3. Interações entre Profissionais de Saúde .....                           | 33        |
| <b>5. Conclusão e Trabalhos Futuros .....</b>                                | <b>35</b> |
| <b>6. Bibliografia.....</b>  | <b>38</b> |
| <b>7. Anexos.....</b>  | <b>42</b> |

## Índices de Figuras

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1: Ciclo do <i>Process Mining</i> na área da saúde .....  | 10 |
| FIGURA 2: Em (a) um <i>Event Log</i> com seis <i>traces</i> , (b) um grafo extraído diretamente do <i>Event Log</i> , (c) um modelo BPMN ..... | 13 |
| FIGURA 3: Disparo de transições .....  | 15 |
| FIGURA 4: Rede de Petri representativa do <i>Event Log</i> da TABELA 3 .....   | 16 |
| FIGURA 5: Redes de Petri para análise das medidas da verificação da conformidade ...   | 17 |
| FIGURA 6: <i>Clinical Pathway</i> do Hospital da Luz para a Endometriose .....   | 22 |
| FIGURA 7: Distribuição dos eventos pelos meses do ano .....  | 29 |
| FIGURA 8: Análise de Conformidade para sete pacientes através do <i>software ProM</i> ...  | 30 |
| FIGURA 9: <i>Box Plot</i> da <i>Fitness</i> .....  | 31 |
| FIGURA 10: <i>Fitness</i> por <i>trace</i> .....   | 32 |
| FIGURA 11: Diagrama de dispersão entre a <i>Fitness</i> e o número de atividades efetuadas por paciente.....                                   | 33 |
| FIGURA 12: Interações entre profissionais de saúde.....  | 33 |

## Índice de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1: Exemplo de um <i>Event Log</i> .....  | 9  |
| TABELA 2: Exemplo de um <i>Event Log</i> para representar numa Rede de Petri.....                 | 15 |
| TABELA 3: Etapas principais do processamento de dados dos ficheiros <i>Excel</i> .....            | 25 |
| TABELA 4: Distribuição dos eventos pelas oito classes .....                                       | 26 |
| TABELA 5: Estatísticas gerais da amostra inserida no <i>software ProM</i> .....                   | 28 |
| TABELA 6: Resultados gerais de conformidade .....   | 28 |
| TABELA 7: Estatísticas gerais da <i>Fitness</i> .....   | 31 |
| TABELA 8: Procedimentos clínicos dos profissionais de saúde com mais interações no processo ..... | 34 |
| TABELA 9: Pacientes cujo tratamento conta apenas com um profissional de saúde .....               | 35 |

## Índice de Equações

|   |    |
|---|----|
| Equação 1: <i>Cost-Based Replay</i> – Fórmula da <i>Fitness</i> ..... | 18 |
| Equação 2: Função de Avaliação – Algoritmo $A^*$ .....                | 18 |



# 1. Introdução

Os sistemas de saúde são confrontados, diariamente, com obstáculos que exigem uma adaptação permanente e imediata dos processos clínicos. A inovação tecnológica assume, assim, um papel preponderante neste setor ao tornar a prestação de serviços mais eficiente e acessível, perante os recursos limitados de que dispõe. A constante procura por cuidados de saúde de alta qualidade visa controlar os custos internos e satisfazer as necessidades dos pacientes através de processos clínicos baseados em evidências científicas. Neste sentido, os processos de saúde devem ser altamente dinâmicos, inclusivos e multidisciplinares, possibilitando a automatização e programação sequencial de atividades padrão para o tratamento das múltiplas patologias.

Estes processos clínicos, comumente denominados de *Clinical Pathways (CP)*, documentam todas as etapas de um tratamento, auxiliando na tomada de decisão dos profissionais de saúde e dos pacientes. Assim, a criação de um *CP* é uma tarefa de elevada complexidade e responsabilidade, pois modelos obsoletos ou desviados da realidade, enviesam as conclusões das análises. Portanto, antes de realizar qualquer estudo, é imperativo que as diretrizes internas traduzam a realidade da melhor forma.

Dado um *CP* e uma sequência de atividades do processo (*Event Log*), captada pelo sistema de informação, é possível analisar a conformidade entre ambos e, assim, avaliar o desempenho da organização. No caso de serem detetadas disparidades face ao estipulado, as instituições têm oportunidade de atualizar ou impor novos mecanismos para melhorar as práticas clínicas implementadas. Torna-se, assim, evidente a importância da verificação da conformidade dos processos para o avanço do sistema de saúde.

No decorrer dos anos, muitas foram as técnicas aplicadas neste tipo de análises, destacando-se o método de *Process Mining*. Este método centra-se na extração de conhecimento dos dados gerados e armazenados pelos sistemas de informação das organizações.

## 1.1. Objetivos do Estágio

Na sequência de um protocolo estabelecido entre o Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG) e o Hospital da Luz de Lisboa (HLL), resultou um estágio no Centro de Simulação *Learning Health*, do grupo Luz Saúde.

Esta empresa tem como objetivo reforçar a investigação, o desenvolvimento tecnológico e a inovação do HLL. O estágio teve início no dia 1 de fevereiro de 2022 e prolongou-se até dia 1 de setembro após serem transmitidos todos os conhecimentos e ferramentas necessárias à realização deste trabalho.

O grupo Luz Saúde, criado em 2000, é atualmente um dos maiores grupos privados de prestação de cuidados de saúde do mercado português, reconhecido pela prática de uma medicina de excelência e inovação em cuidados de elevada especialização e complexidade. Neste sentido, o HLL tem como objetivo primordial alcançar os melhores resultados de saúde na perspetiva dos pacientes através de um diagnóstico rápido e eficaz, respeitando a individualidade de cada caso (Hospital da Luz, 2022). O grupo conta com 14 hospitais privados, um hospital do sistema nacional de saúde, 11 clínicas privadas e duas residências sénior, presentes em Portugal continental e na região autónoma da Madeira.

O principal objetivo do presente estágio consistiu na aplicação de conhecimentos adquiridos no mestrado em Métodos Quantitativos para a Decisão Económica e Empresarial e na exploração de novas áreas relacionadas com *Process Mining* no setor da saúde. Assim, foi construído um modelo para avaliar a conformidade da prática clínica, foi identificado o melhor algoritmo para medir a conformidade e validar a eficiência do modelo proposto através do *software ProM* que aplica técnicas de *Process Mining*.

## **1.2. Estrutura do Documento**

O presente relatório encontra-se dividido em cinco capítulos principais. No atual capítulo abordou-se o tema, apresentando a entidade promotora do estágio e os respetivos objetivos.

O segundo capítulo contém uma breve apresentação da patologia clínica subjacente ao estudo, aborda os conceitos necessários para a compreensão do termo “*Clinical Pathway*”, evidenciando os benefícios e desafios para a sua correta implementação. Em seguida, analisam-se as três etapas de *Process Mining* e a importância da sua utilização na área da saúde, enfatizando o processo de descoberta e a análise de conformidade. Por fim, são abordadas as principais linguagens de modelação de processos clínicos: *Business Process Management Notation* (BPMN) e Redes de Petri (*RP*). Esta secção foi realizada

por meio de pesquisas de publicações indexadas nas bases de dados do *Mendline*, *PubMed* e *Scopus*.

O terceiro capítulo descreve, pormenorizadamente, a metodologia utilizada no caso prático estudado durante o estágio. Neste capítulo, apresenta-se a componente prática do trabalho desenvolvido, desde o mapeamento do *Clinical Pathway* ao processamento de dados, incluindo a aplicação do algoritmo utilizado na análise de conformidade no *Software ProM*.

Os resultados obtidos através da aplicação do *Software ProM* são analisados no capítulo quatro.

Por fim, o último capítulo expõe, em forma de conclusão, uma síntese final do trabalho realizado, deixando sugestões e contribuições para futuras investigações no âmbito da análise de conformidade para a endometriose.

## 2. Enquadramento e Revisão de Literatura

### 2.1. Endometriose

A endometriose é uma doença que, apesar de comum, representa uma das disfunções ginecológicas mais enigmáticas desde os seus primórdios. A literatura sobre a endometriose, embora extensa, é muitas vezes contraditória ou inadequada e sem uma etiologia bem descrita. A evolução da patologia em causa pode ser dividida em dois momentos distintos, tendo como marco a descoberta histológica do austríaco Karl Freiherr von Rokitansky, em 1860, na Alemanha (Rokitansky, 1860). Apesar da importância científica associada a tal conquista, esta surgiu involuntariamente enquanto Rokitansky analisava material de necropsia, e se apercebeu da presença de tecido ectópico semelhante ao do endométrio fora do útero. Este autor classifica a endometriose como interna e externa. A endometriose interna refere-se à presença de tecido endometrial no miométrio, enquanto a endometriose externa se refere à presença de endométrio nas restantes localizações (Rokitansky, 1860). Embora Rokitansky tenha descrito diversos aspetos científicos e histológicos, a doença foi considerada ambígua e pouco clara.

Perante toda a controvérsia em torno da patologia, os estudos prosseguiram, e o termo “Endometriose” foi enunciado pela primeira vez por Sampson, em 1927 (Sampson, 1927a). Este introduziu a teoria da menstruação retrógrada como fator imprescindível para o surgimento da patologia. Esta teoria pressupõe que durante a menstruação ocorre a inversão do fluxo de tecido endometrial através das trompas de falópio para a cavidade peritoneal que, quando em contacto com a superfície da pelve, se deposita e implanta originando a endometriose (Sampson, 1927b).

Desta forma, e após vários anos de estudo, a endometriose define-se hoje como a presença de tecido endometrial e estroma fora da cavidade uterina, que induz uma reação inflamatória crónica e afeta cerca de 10% das mulheres em idade reprodutiva (Olive & Schwartz, 1993). A endometriose ramifica-se em quatro estadios identificados por uma sequência de números romanos de *I* (doença mínima) a *IV* (doença grave) com base na localização, aparência, profundidade e debilidade dos órgãos afetados (Giudice, 2010). Neste sentido, os estadios *I* e *II* correspondem a subconjuntos de endometriose superficial mínima e leve, respetivamente, o estadio *III* à endometriose ovariana, e o estadio *IV* à endometriose profunda (American Society for Reproductive Medicine classification of endometriosis, 1996).

A endometriose superficial é a mais comum e caracteriza-se pela presença de lesões inferiores a cinco milímetros no peritônio, membrana que reveste o interior do abdómen abrangendo e protegendo todos os órgãos nele contido. Este é o estadio menos avançado da doença e uma simples cauterização é o suficiente para a contornar.

Por sua vez, a endometriose ovariana, conhecida por endometrioma, ocorre quando tecido e glândulas endometriais se instalam nos ovários (Nezhat et al., 1992). O tamanho dos cistos pode variar desde pequenas dimensões, até cistos mais volumosos, que ocupam toda a pelve.

Por fim, a endometriose profunda, caracterizada por lesões superiores a cinco milímetros, representa um agravamento da endometriose superficial. Em geral, os estadios mais avançados da doença geram modificações anatómicas no aparelho reprodutor feminino causando a infertilidade acompanhada de dor pélvica acíclica, dismenorreia, alterações urinárias e intestinais e ciclos menstruais desregulados (Kennedy et al., 2005). Pode ainda comprometer outros órgãos como, por exemplo, os intestinos, a bexiga, e os ureteres. Neste caso, para combater a doença, o procedimento cirúrgico é o mais adequado, sendo o reconhecimento da patologia feito através diversos métodos complementares de diagnóstico e tratamento (MCDT), como ecografias pélvicas endovaginais e ressonâncias magnéticas.

Apesar de toda a conjuntura em torno dos sintomas físicos associados à patologia, o contexto social ainda é bastante negligenciado. Os tratamentos existentes pretendem controlar a doença, mas os prejuízos associados à saúde mental, afetam o cotidiano dos pacientes. Neste sentido, surgiu o *EndoCost*, estudo mundial, que mede os custos associados à patologia, do ponto de vista social, relacionando-os com o impacto económico da doença (Simoens et al., 2012). Este estudo foi financiado pela *World Endometriosis Research Foundation (WERF)*, por meio de doações recebidas (De Graaff et al., 2013). O *EndoCost* conta com a participação de 909 mulheres com endometriose, de 12 centros especializados em 10 países: Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Estados Unidos, França, Holanda, Hungria, Itália, Reino Unido e Suíça. O estudo teve como base um questionário hospitalar constituído por 99 perguntas sobre os custos diretos de saúde (por exemplo os medicamentos e as consultas médicas), os custos diretos não relacionados com a saúde (por exemplo os custos de transporte) e os custos indiretos relacionados com a produtividade (Armour et al., 2019). As estimativas obtidas pela *WERF EndoCost* (2012) relatam que o custo médio associado à endometriose é de 9579

euros anuais, dos quais, 6298 euros estão associados com a produtividade no trabalho e 3281 euros, relativos a custos de saúde. Por outras palavras, o custo da incapacidade para trabalhar devido a sintomas é quase o dobro dos custos diretos com a saúde. No que se refere aos custos relacionados diretamente com a saúde, estes são principalmente devido a cirurgias (29%), testes de monitorização (19%), hospitalizações (18%) e consultas médicas (16%).

Contudo, o impacto económico associado à endometriose oscila consoante a influência de fatores externos como, por exemplo, o atraso no diagnóstico que, ao gerar mais desconforto e sintomas, requer uma carga clínica e utilização de recursos de saúde superior (Nnoaham et al., 2011). Estima-se que pacientes com longos atrasos no diagnóstico tenham cerca de 60% de custos adicionais em comparação a pacientes com um diagnóstico precoce (Surrey et al., 2020).

## **2.2. Clinical Pathway**

O termo *Clinical Pathway (CP)* tem sido difundido desde a década de 1980 e, atualmente, é utilizado na maioria dos países Europeus (Rotter et al. 2019). Segundo a *European Pathways Association (2021)*, um *CP* é uma ferramenta complexa utilizada para orientar a tomada de decisão através do mútuo acordo entre o médico e o paciente.

Desta forma, os *CPs* representam planos clínicos estruturados e multidisciplinares que detalham as etapas essenciais no tratamento dos pacientes com determinado diagnóstico, de acordo com a cultura e ambiente exclusivo de cada instituição de saúde (Rotter et al. 2019). Adicionalmente, permitem agilizar a prática clínica para um grupo de pacientes, otimizando os resultados clínicos e maximizando a eficiência hospitalar (Flores et al., 2018).

Generalizando, um *CP*, quando desenvolvido e implementado de acordo com padrões internacionais, permite reduzir a variação injustificada da prática clínica, melhorar a qualidade e segurança dos cuidados de saúde prestados, e potencializar a tomada de decisão das partes envolvidas de forma informada (Rotter et al., 2010). O facto do *CP* permitir identificar os riscos e antecipar a intervenção promove a segurança do paciente, aumentando a sua satisfação com os cuidados prestados e consequentes resultados.

Uma revisão sistemática presente na biblioteca Cochrane<sup>1</sup> evidenciou o impacto positivo da utilização de *CPs* em instituições de saúde. O estudo teve como objetivo avaliar o efeito do uso de *CPs* na prática profissional através dos resultados clínicos dos pacientes, do tempo de permanência no hospital e dos custos associados. Este contou com 11398 participantes e indicou uma redução significativa no tempo de permanência e nos custos hospitalares nas instituições que utilizavam a metodologia dos *CPs* face às restantes. Resumidamente, foi possível concluir que os *CPs* estão associados à redução de complicações de saúde e de custos hospitalares (Rotter et al., 2010).

Assim, alcançar um *CP* padrão é o primeiro passo para garantir que todos os pacientes nas mesmas condições clínicas beneficiam do mesmo cuidado, considerando as necessidades díspares e individuais de cada paciente e o objetivo organizacional e social da instituição (Combi et al., 2017).

### ***Clinical Pathway* de Instituições – NHS e NICE**

O *National Health Service* (NHS) foi criado em 1948, no Reino Unido, com o objetivo de prestar cuidados de saúde a todos os cidadãos com base na necessidade e não na capacidade de pagamento. Desde então, o NHS é uma referência mundial, sendo o sistema público de saúde mais conhecido e mais antigo do mundo. Desde o início da década de 1990, os cuidados de saúde baseados em evidências científicas tiveram um papel fulcral para práticas clínicas eficazes, afastando as decisões baseadas na opinião ou na prática atual. Desta forma, é criado o *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE), em 1999, com o objetivo de melhorar os resultados clínicos para os cidadãos que usam o NHS e outros serviços públicos de saúde e assistência social.

O NICE foi implementado, inicialmente, em Inglaterra e no País de Gales com o intuito de ajudar o NHS a melhorar, continuamente, os padrões gerais de atuação clínica, reduzir a variação na prática clínica e garantir o uso eficiente dos recursos para que os pacientes recebam o maior benefício possível (Walker et al., 2007). Assim, o fator preponderante para determinar a alocação justa de recursos assenta nas necessidades da população.

---

<sup>1</sup> A biblioteca Cochrane é uma plataforma que conta com uma ampla coleção de bases de dados relacionadas com a investigação nas áreas das ciências da saúde, cujo objetivo é fornecer aos profissionais da área acesso à informação técnico-científica relevante para a tomada de decisões em saúde.

O NICE conta com um amplo programa de trabalho, incluindo diretrizes clínicas, avaliação de tecnologias, intervenções clínicas e implementação de saúde pública. No que diz respeito à organização interna este é constituído por médicos, especialistas e pacientes que, em conjunto, desenvolvem *CPs* através da conjugação de experiências reais, tendo em conta a relação custo-benefício associada a cada decisão (*NICE / The National Institute for Health and Care Excellence*). Este órgão público não governamental conta, assim, com diversos *CPs* na área da prática clínica em cuidados de saúde primários e secundários, oncologia, saúde pública e intervenções farmacológicas e/ou cirúrgicas. Embora, os *CPs* sejam desenhados inicialmente para os cidadãos ingleses, estes são aceites internacionalmente e constituem uma base para a criação de *CPs* para Portugal, tendo em consideração as disparidades entre as populações.

Os conjuntos padrão do NHS e do NICE para a endometriose são o resultado de estudos intensos de um grupo de médicos, especialistas em diversas áreas e pacientes. As diretrizes propostas por ambas as instituições são apresentadas nos anexos 1A e 1B.

### **2.3. *Event Log***

Nas últimas décadas, a necessidade de representar e coordenar processos clínicos de forma adequada tornou-se imprescindível para a maioria das organizações de saúde, com o intuito de otimizar a alocação de recursos, melhorar a qualidade dos serviços hospitalares e padronizar os procedimentos diários (Combi et al., 2017). Um cenário tão heterogéneo como o hospitalar, onde a necessidade de lidar com adversidades é uma constante, exige uma padronização dos procedimentos de gestão de assistência ao paciente de forma a garantir a adequada difusão de conhecimento com base em evidências científicas.

Os processos clínicos, suportados e controlados por sistemas de informação de saúde, surgem do gradual registo de informações referentes a cada processo individual na base de dados da instituição (De Roock & Martin, 2022). O conjunto dos casos introduzidos no sistema da organização é aproveitado para gerar um fluxo de informação que descreve uma sequência de atividades nas quais os pacientes estão envolvidos, destacando o momento em que estas foram executadas, por quem e para quem (Munoz-Gama et al., 2022). *Event Log (EL)* é o termo teórico utilizado para descrever o resultado deste procedimento. Um *EL* representa, então, um reflexo imparcial do processo real praticado

em cada instituição. A informação associada a um *EL* é uma mais-valia para a gestão e melhoria dos processos de saúde.

A TABELA 1 apresenta um possível extrato de um ficheiro CSV (*Comma Separated Values*), de onde se pode retirar um *EL*. Cada linha representa um evento, i.e., a ocorrência de uma atividade relacionada com um serviço hospitalar. Esse evento é caracterizado por diversos atributos, incluindo, entre outros, um identificador exclusivo do paciente (*Case ID*), um identificador de atividade (*Activity*), e o respetivo registo temporal (*Timestamp*). Por exemplo, o primeiro evento,  $e_1$ , corresponde ao paciente 1 (*Case ID*), que realizou uma ecografia pélvica (*Activity*), no dia 15 de janeiro de 2022 às 11:23:17h (*Timestamp*). Além dos atributos mencionados, são, regra geral, considerados outros, como, por exemplo, os custos associados ao evento, idade e género do paciente e o profissional responsável pela atividade (*Staff ID*) (Aalst et al., 2015). A literatura define registo de um paciente (*trace*) como sendo uma sequência não vazia de atividades associadas a esse paciente (Huang et al., 2014). Adicionalmente, designando por  $E$  o conjunto finito de eventos e  $A$  o conjunto finito de atividades, tem-se que  $\alpha: E \rightarrow A$  representa a função que relaciona cada evento ( $e \in E$ ) com a respetiva atividade ( $a \in A$ ). Por exemplo,  $\sigma_1 = \langle \alpha(e_1), \alpha(e_2), \alpha(e_5) \rangle = \langle a_1, a_2, a_4 \rangle$  representa a *trace* do paciente 1. Finalmente, um *EL* é o conjunto de todos os registos (*traces*) distintos, considerando todas as atividades envolvidas no processo. Assim, a partir da TABELA 1 identifica-se o seguinte *EL*:  $L = \{ \langle a_1, a_2, a_4 \rangle^2, \langle a_3, a_5, a_6 \rangle^1 \}$ , composto pela *trace* de atividades  $\langle a_1, a_2, a_4 \rangle$  correspondente aos pacientes 1 e 3, indicando o expoente o número de pacientes incluídos na *trace*, e pela *trace* de atividades  $\langle a_3, a_5, a_6 \rangle$  seguida pelo paciente 2.

TABELA 1: Exemplo de um *Event Log*  
 FONTE: Elaborado com base em Kalenkova et al., 2019

|       | <i>Case ID</i> | <i>Activity</i>               | <i>Timestamp</i>    | <i>Staff ID</i> |
|-------|----------------|-------------------------------|---------------------|-----------------|
| $e_1$ | 1              | $a_1$ =Ecografia Pélvica      | 2022-01-15 11:23:17 | João            |
| $e_2$ | 1              | $a_2$ =Ressonância Magnética  | 2022-01-15 11:45:54 | João            |
| $e_3$ | 2              | $a_3$ =Consulta de Enfermagem | 2022-01-15 14:12:54 | Maria           |
| $e_4$ | 3              | $a_1$ =Ecografia Pélvica      | 2022-01-15 14:21:32 | João            |
| $e_5$ | 1              | $a_4$ =Consulta Ginecologia   | 2022-01-15 14:36:17 | Ana             |
| $e_6$ | 3              | $a_2$ =Ressonância Magnética  | 2022-01-15 14:41:15 | João            |
| $e_7$ | 3              | $a_4$ =Consulta Ginecologia   | 2022-01-15 14:45:59 | Ana             |
| $e_8$ | 2              | $a_5$ =Análises Clínicas      | 2022-01-15 14:48:12 | Maria           |
| $e_9$ | 2              | $a_6$ =Exames adicionais      | 2022-01-15 15:22:07 | Luís            |

## 2.4. Process Mining

No domínio da saúde, o *Process Mining* resulta num conjunto de técnicas que relacionam as áreas de *Data Science* e *Process Management* com o objetivo de apoiar a análise de processos clínicos funcionais com base na extração de conhecimento dos *ELs* (De Rooock & Martin, 2022). Por outras palavras, *Process Mining* consiste na análise de uma grande quantidade de dados (*Big Data*) com o objetivo de detetar relações impercetíveis *a priori*, de forma a facilitar a apresentação dos dados através de novas perspetivas úteis para a instituição (Aalst, 2016). Neste sentido, além de apoiar a gestão dos processos clínicos, as técnicas de *Process Mining* têm a capacidade de detetar problemas de conformidade e desempenho ao fornecer informações detalhadas sobre a execução dos processos subjacentes. Assim, a combinação das diversas abordagens existentes para transformar os dados em grande quantidade criam valor não só para as organizações como para os pacientes (Aalst, 2016).

Na FIGURA 1 está presente o ciclo inerente ao *Process Mining* aplicado à área da saúde, tendo início na extração de *ELs* dos sistemas de informação de saúde. Estes visam descobrir processos, verificar a conformidade, identificando desvios e comparando variantes que originem sugestões de melhoria nos processos clínicos com vista a aumentar a eficiência das organizações de saúde (Aalst, et al., 2012a).

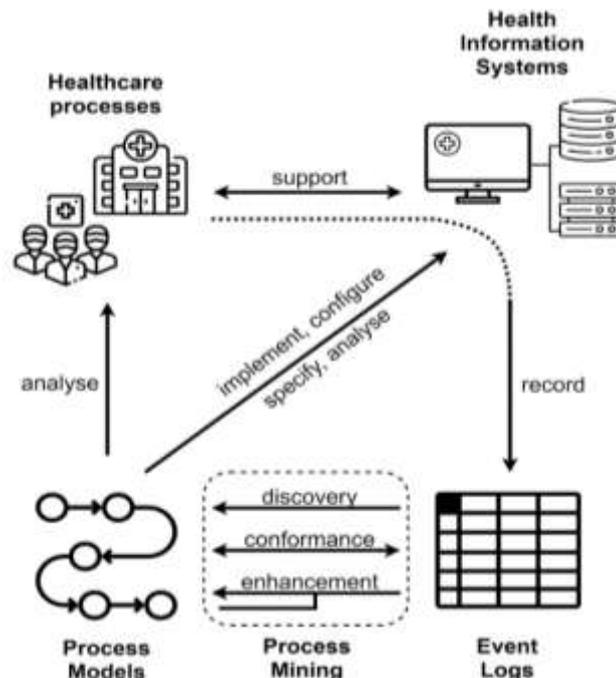


FIGURA 1: Ciclo do *Process Mining* na área da saúde  
FONTE: Munoz Gama et al., 2022 com base em Aalst et al., 2016

### 2.4.1. Processo de Descoberta

Como ilustrado na FIGURA 1, a primeira fase do ciclo de *Process Mining*, com base na classificação de Aalst (2016), é a descoberta. Esta tem início nos *ELs* e utiliza técnicas descritivas para mapear as principais etapas de assistência ao paciente. De acordo com a literatura, a fase da descoberta, referente à conceção de *CPs*, representa a técnica mais proeminente do ciclo de *Process Mining*. Esta tem como objetivo encontrar um padrão sequencial de atividades aplicadas às diferentes patologias numa instituição de saúde (Munoz-Gama et al., 2022). Como abordado anteriormente, a procura por *CPs* internacionalmente aceites é uma prática cada vez mais recorrente nas organizações de saúde, daí a importância associada à fase da descoberta.

Em suma, a primeira fase do *Process Mining* pretende descobrir *CPs* robustos, confiáveis e estruturados com base em *ELs* e sem recurso a qualquer informação *a priori* (Aalst et al., 2011). Consequentemente, a qualidade do *CP* encontra-se diretamente relacionada com o comportamento registado no *EL* (Zelst et al., 2021). Portanto, com base em execuções, meramente indicativas, registadas nos *ELs* as organizações de saúde são capazes de descobrir processos reais (Aalst et al., 2011).

Quando a instituição reconhece potencial no *CP* criado, procede à sua modelação recorrendo a uma linguagem de processos específica, como por exemplo, *Business Process Modeling and Notation* (BPMN) ou Redes de Petri (RP) (Aalst et al., 2012b). De seguida é feita uma breve apresentação das linguagens de modelação de processos supracitadas.

#### ***Business Process Model and Notation (BPMN)***

A saúde é um dos setores com maior crescimento, impulsionado pela utilização de processos clínicos complexos e dinâmicos. A fim de fazer face à crescente procura de assistência e inovação tecnológica, os prestadores de cuidados de saúde recorrem cada vez mais a iniciativas de *Business Process Management* (BPM). Estas visam analisar e potencializar, sistematicamente, os processos clínicos, agilizando a prestação de cuidados de saúde, o que se reflete na redução dos custos e aumento da qualidade de serviços prestados (Pufahl et al., 2022). A modelação de processos clínicos é uma prática cada vez mais integrada nas rotinas de gestão de saúde, graças ao seu potencial de facilitar a

compreensão dos processos clínicos, promover a transformação digital e melhorar a prestação de cuidados hospitalares (Ferrante et al., 2016). A linguagem líder para a modelação de processos é a BPMN, na medida em que fornece uma ampla gama de ferramentas de modelação com cerca de 50 elementos gráficos distintos. Este número é elevado quando comparado com outras linguagens de modelação mais básicas como, por exemplo, as *RP* compostas apenas por três elementos: lugares, transições e arcos (Aalst, et al. 2012b). Além disso, a BPMN, foi pensada para ser económica, padronizada e flexível (Pufahl et al., 2022; Scheuerlein et al., 2012).

As representações gráficas fornecidas pela modelação de processos, servem de referência intuitiva e imediata para os utilizadores, na medida em que são mais fáceis de entender e menos ambíguas que documentos textuais. Neste sentido, a BPMN permite definir diagramas de processos clínicos com diferentes níveis de abstracção, utilizados para fins de documentação e/ou apoio na implementação de *CPs*. Ou seja, a BPMN permite a criação de um esboço ou “modelo bruto” adequado para a modelação de um *CP* (Scheuerlein et al., 2012). Desta forma, a BPMN apoia na padronização de procedimentos clínicos e na tomada de decisão, promovendo o cumprimento de protocolos e minimizando a variabilidade.

Como qualquer linguagem de modelação, a BPMN utiliza símbolos específicos apresentados na FIGURA 2. A representação de um *Gateway XOR* é identificada através de um losango com um sinal “X”, enquanto um losango com sinal “+” denota um *Gateway AND*. Neste seguimento, um *Gateway XOR* é utilizado para criar caminhos alternativos dentro do processo, podendo apenas um deles ser seguido. Por sua vez, um *Gateway AND* divide um caminho de execução em dois ou mais caminhos paralelos (Marin-Castro & Tello-Leal, 2021). Os restantes símbolos utilizados para modelar um *CP* estão representados no ANEXO 2 onde é possível observar a notação das quatro categorias de elementos: *Flow Objects*<sup>2</sup>, *Connecting Objects*<sup>3</sup>, *Swimlanes*<sup>4</sup> e *Artifacts*<sup>5</sup> (White, 2004).

---

<sup>2</sup> Elementos gráficos descritivos da BPMN (Events, Activity e Gateways).

<sup>3</sup> Elementos que representam a forma como *Flow Objects* se conectam (*Sequence Flow*, *Message Flow* e *Association*).

<sup>4</sup> Elementos responsáveis por organizar as atividades em categorias visuais separadas (*Pool*, *Lane*).

<sup>5</sup> Elementos utilizados para agregar informações adicionais ao processo (*Data Object*, *Group Annotation*).

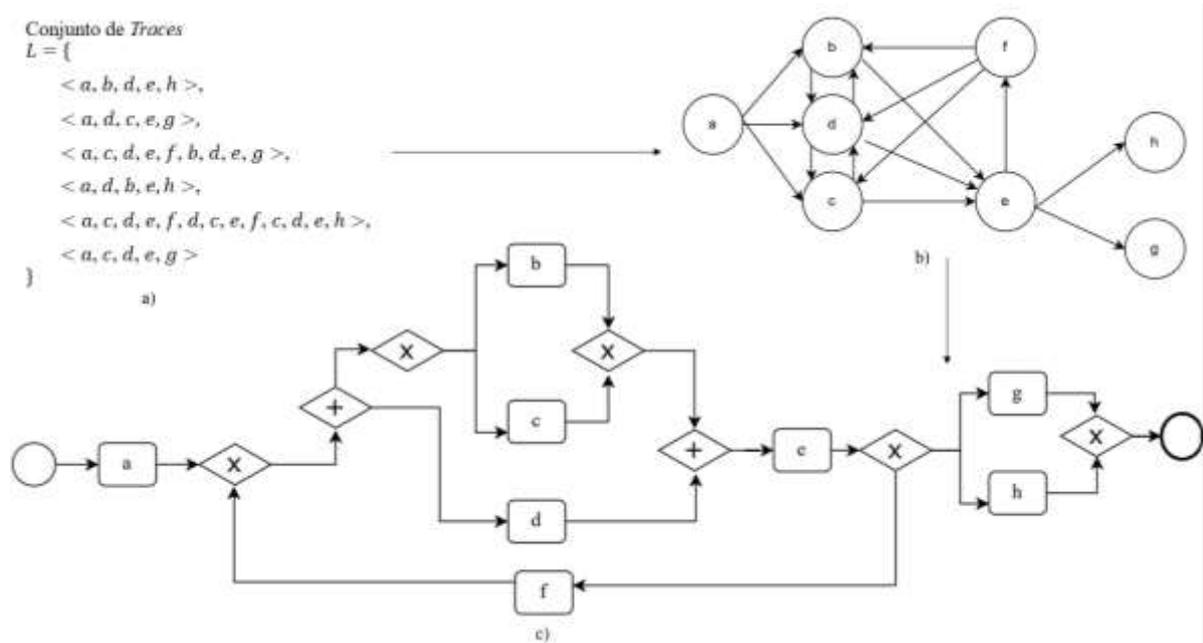


FIGURA 2: Em (a) um *Event Log* com seis *traces*, (b) um grafo extraído diretamente do *Event Log*, (c) um modelo BPMN

FONTE: Elaborado com base em Marin-Castro & Tello-Leal, 2021

Conforme ilustrado na FIGURA 2, um *EL* pode ser descrito através de um grafo orientado  $G = (A, W)$ , onde  $A$  é o conjunto de nodos representativo das atividades hospitalares e  $W$  o conjunto de arcos que representam as dependências entre os eventos em cada *trace*. Assim, se um evento  $\delta \in E$  preceder diretamente um evento  $\beta \in E$  em pelo menos uma *trace* é necessário um arco de  $\alpha(\delta) \in A$  para  $\alpha(\beta) \in A$ . A FIGURA 2.b, mostra uma possível estrutura do grafo  $G$  retirada do *EL* da FIGURA 2.a. Neste exemplo,  $G$  é formado por  $A = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}$  e  $W = \{(a, b), (a, c), (a, d), (b, d), (b, e), (c, d), (c, e), (d, b), (d, c), (d, e), (e, f), (e, g), (e, h), (f, b), (f, c), (f, d)\}$ . Por fim, na FIGURA 2.c, surge um exemplo de um processo na linguagem de modelação BPMN, composto por oito atividades de processo. À esquerda da figura, o primeiro *Gateway* AND permite ao paciente realizar paralelamente a atividade  $d$  e uma entre  $b$  e  $c$ , devido ao *Gateway* XOR que as antecede. Desta forma o paciente tem duas hipóteses, realizar em simultâneo  $d$  e  $b$  ou  $d$  e  $c$ .

No entanto, apesar da relevância associada ao processo padrão, as abordagens de modelação baseadas em BPMN têm uma aceitação modesta no domínio da saúde, estando a sua adoção neste setor atrasada em comparação com outros setores (Pufahl et al., 2022). Tal pode ser parcialmente explicado pela complexidade inerente aos processos de saúde, aos ambientes hospitalares altamente regulamentados e à adoção relativamente lenta de

tecnologias de informação neste setor. Porém, será a linguagem de modelação utilizada para modelar o esboço do *CP* do HLL, pela facilidade processual que apresenta, conjugada com a ampla gama de ferramentas fornecidas para a modelação gráfica.

## Redes de Petri

À semelhança da BPMN as *RP* são uma linguagem de modelação de processos, conhecida pela simplicidade conceitual do modelo e pela representação gráfica intuitiva utilizada no contexto do *Process Mining*.

Formalmente, as *RP* são definidas pela seguinte estrutura:  $RP = (P, T, F, M_{inicial}, M_{final}, l)$ , onde  $P$  é o conjunto dos lugares,  $T$  o conjunto das transições,  $M_{inicial}$  e  $M_{final}$  são as marcações iniciais e finais, respetivamente, e  $l: T \rightarrow A$  é uma função responsável por etiquetar as transições com os respetivos nomes das atividades (Murata, 1989; Kalenkova et al., 2019). As *RP* têm, portanto, uma relação de fluxo implícita, designada por  $F$ , que corresponde ao conjunto de ligações presentes na *RP*, responsável por sequenciar o percurso do paciente. Na prática, os lugares ( $P$ ), podem ser vistos como locais fictícios entre atividades utilizados para facilitar a modelação das *RP*, enquanto o conjunto de transições ( $T$ ) está diretamente relacionado com as atividades clínicas presentes no *CP*.

Quanto à linguagem de modelação, os lugares, representados por círculos, referem-se ao estado da *RP*, as transições, representadas por retângulos, são responsáveis pela mudança de estado, e o fluxo é representado por arcos (Kalenkova et al., 2019). Tendo em conta que as transições se situam entre lugares é através da sua ação, chamada de disparo, que o estado dos lugares se altera. Desta forma, os *tokens* presentes nos lugares, representados por pontos pretos, são os agentes responsáveis por fazer a rede evoluir de estado para estado, dando início às atividades. Portanto, a função das transições está diretamente relacionada com a destruição e criação de *tokens*. Por sua vez, os arcos indicam o sentido do movimento dos *tokens*, atravessando a transição.

A FIGURA 3 ilustra uma *RP* onde os três lugares iniciais  $p_1, p_2$  e  $p_3$  contêm *tokens*. Quando ocorre o disparo das transições dá-se a remoção dos *tokens* nos lugares de entrada  $p_1, p_2$  e  $p_3$  e a criação de novos *tokens* nos lugares de saída  $p_4$  e  $p_5$ . Este procedimento iterativo é responsável pela evolução da rede, i.e., pela realização das atividades clínicas presentes no *CP*.

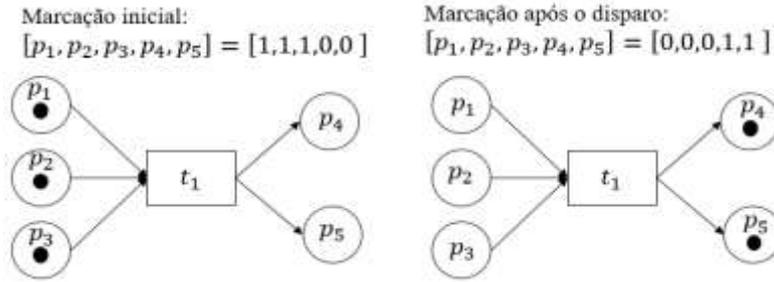


FIGURA 3: Disparo de transições

O *EL*, representado na TABELA 2, contém a informação de cinco pacientes. Para os pacientes 1, 2, 3 e 4 foram executadas as atividades *A, B, C, D*. Para o paciente 5 apenas foram executadas as atividades *A, E, D*. Cada *trace* começa com a execução da atividade *A* e termina na execução da atividade *D*. Após executar *A* é necessário escolher entre executar *B* e *C* em paralelo<sup>6</sup> ou executar apenas *E*. Para que *B* e *C* possam ser executadas em paralelo é necessário acrescentar duas atividades fictícias *AND – Split* e *AND – Join*. Estas atividades são adicionadas apenas para fins de modelação, não integrando o *EL*. Formalmente, o *EL* representado pela TABELA 2 é caracterizado pela expressão:  $L = \{\langle a, b, c, d \rangle^2, \langle a, c, b, d \rangle^2, \langle a, e, d \rangle^1\}$ , constituído por três *traces* distintas.

TABELA 2: Exemplo de um *Event Log* para representar numa Rede de Petri  
 FONTE: Elaborado com base em (Aalst et al., 2004)

|          | <i>Case ID</i> | <i>Activity</i> | <i>Timestamp</i>    |
|----------|----------------|-----------------|---------------------|
| $e_1$    | 1              | a = Atividade A | 2022-01-15 11:23:17 |
| $e_2$    | 2              | a = Atividade A | 2022-01-15 11:45:54 |
| $e_3$    | 3              | a = Atividade A | 2022-01-15 14:12:54 |
| $e_4$    | 3              | b = Atividade B | 2022-01-15 14:21:32 |
| $e_5$    | 1              | b = Atividade B | 2022-01-15 14:36:17 |
| $e_6$    | 1              | c = Atividade C | 2022-01-15 14:41:15 |
| $e_7$    | 2              | c = Atividade C | 2022-01-15 14:45:59 |
| $e_8$    | 4              | a = Atividade A | 2022-01-15 14:48:12 |
| $e_9$    | 2              | b = Atividade B | 2022-01-15 15:22:07 |
| $e_{10}$ | 2              | d = Atividade D | 2022-01-16 11:23:17 |
| $e_{11}$ | 5              | a = Atividade A | 2022-01-16 11:45:54 |
| $e_{12}$ | 4              | c = Atividade C | 2022-01-16 14:12:54 |
| $e_{13}$ | 1              | d = Atividade D | 2022-01-16 14:21:32 |
| $e_{14}$ | 3              | c = Atividade C | 2022-01-16 14:36:17 |
| $e_{15}$ | 3              | d = Atividade D | 2022-01-16 14:41:15 |
| $e_{16}$ | 4              | b = Atividade B | 2022-01-16 14:45:59 |
| $e_{17}$ | 5              | e = Atividade E | 2022-01-16 14:48:12 |
| $e_{18}$ | 5              | d = Atividade D | 2022-01-16 15:22:07 |
| $e_{19}$ | 4              | d = Atividade D | 2022-01-16 15:33:22 |

<sup>6</sup> As atividades são executadas paralelamente se existir uma *trace* onde *B* aparece antes de *C* e outra *trace* onde *C* aparece antes de *B*, indicando a não obrigatoriedade de execução sequencial.

Assim, a FIGURA 4 representa o *EL* da TABELA 2 numa *RP*. Esta rede é constituída por oito lugares e sete transições. Formalmente, tem-se que  $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8\}$ ,  $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$ ,  $F = (p_1, t_1), (t_1, p_2), (p_2, t_2), (t_2, p_3), (p_3, t_3), (t_3, p_5), (p_5, t_6), (t_6, p_4), (p_4, t_4), (t_4, p_6), (p_6, t_6), (p_2, t_5), (t_5, p_7), (p_7, t_7), (t_7, p_8), (p_5, t_6), (t_6, p_4), (p_4, t_4), (t_4, p_6), (p_6, t_6), (p_2, t_5), (t_5, p_7), (p_7, t_7), (t_7, p_8)\}$ ,  $l(t_1) = "A"$ ,  $l(t_2) = "AND - Split"$ ,  $l(t_3) = "B"$ ,  $l(t_4) = "C"$ ,  $l(t_5) = "E"$ ,  $l(t_6) = "AND - Join"$ ,  $l(t_7) = "D"$ . É de notar que a marcação inicial  $p_1$ , definida por  $M_{inicial} = [p_1]$ , contém um *token*, e a marcação final é definida por  $M_{final} = [p_8]$ .

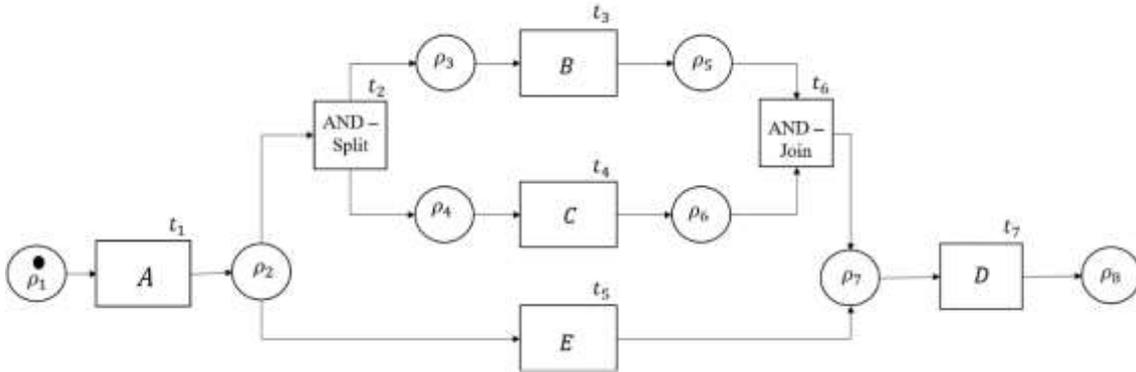


FIGURA 4: Rede de Petri representativa do *Event Log* da TABELA 3  
 FONTE: Elaborado com base em Aalst et al., 2004

#### 2.4.2. Análise de Conformidade

Segundo o ciclo do *Process Mining* aplicado à saúde, apresentado na FIGURA 1, a análise de conformidade sucede o processo da descoberta. A análise de conformidade é uma prática cada vez mais recorrente nas organizações de saúde, pois permite controlar os custos e alcançar a excelência no tratamento dos pacientes (Huang et al., 2014). Nesta etapa assume-se a existência de um modelo *a priori* (*CP*) concebido na fase da descoberta e de um *EL* que reflita o processo real em cada instituição de saúde. Em seguida, o *EL* é utilizado para verificar se os comportamentos clínicos adotados estão em conformidade com os regulamentos de tratamento definidos para as diferentes patologias. Por outras palavras, a análise de conformidade avalia as diferenças e as semelhanças entre o *CP* e a realidade observada no *EL* (Aalst et al., 2012a).

Na prática, a verificação da conformidade é utilizada para detetar e explicar desvios, medindo a sua gravidade. Ou seja, é possível prever atrasos e fazer recomendações para minimizar o tempo de fluxo esperado (Munoz-Gama et al., 2022). O *CP*, apresentado sob a forma de BPMN ou *RP*, pode ser avaliado segundo algumas medidas tais como a *Fitness*, a Precisão, a Generalização e a Simplicidade. A FIGURA 5, composta por seis *traces*, ajuda a ilustrar a utilização destas medidas, como se aborda em seguida.

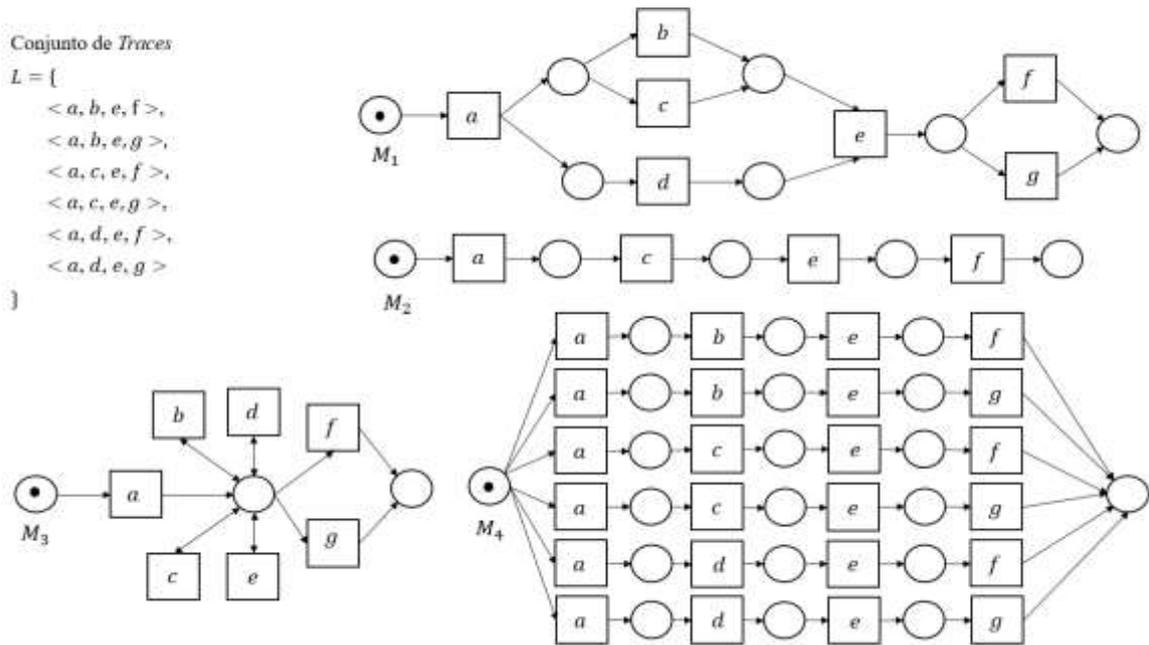


FIGURA 5: Redes de Petri para análise das medidas da verificação da conformidade  
 FONTE: Elaborado com base em Adriansyah, 2014

### ***Fitness***

A *Fitness* refere-se à capacidade do *CP* reproduzir todas as *traces* registadas no *EL* avaliando o cumprimento ou incumprimento das atividades previamente estabelecidas no *CP* (Marin-Castro & Tello-Leal, 2021). Tomando como exemplo a FIGURA 5, é possível averiguar que as *RP*  $M_1, M_3$  e  $M_4$  são capazes de reproduzir todas as *traces* presentes no *EL*, ao contrário de  $M_2$  que apenas reproduz a *trace*  $\langle a, c, e, f \rangle$ . Portanto, os valores da *Fitness* de  $M_1, M_3$  e  $M_4$  são iguais e diferentes do de  $M_2$ .

Adicionalmente, e tendo em conta que um *EL* pode não ser capaz de indicar todas as atividades executadas no processo real devido, em parte, à complexidade de englobar todas as atividades, torna-se essencial identificar as atividades não observadas no *EL* de forma a evitar resultados enviesados. Neste sentido, dado um *CP* e um *EL*, os desvios face à *Fitness* manifestam-se como atividades *Skipped* e atividades *Inserted*. Se por um lado, as atividades *Skipped* se referem a atividades que deveriam ser realizadas de acordo com o *CP* mas não integram o *EL*, as atividades *Inserted* ocorrem no *EL* mas não estão identificadas no *CP*. Neste sentido, e tendo em conta que as técnicas clássicas utilizadas para medir a *Fitness* não penalizam a existência de atividades *Skipped* e/ou *Inserted* surge a técnica *Cost-Based Replay* que considera o custo relacionado com omitir ou inserir atividades individuais. Esta técnica, baseada no algoritmo  $A^*$ , verifica a conformidade entre o *EL* e o *CP* tendo em conta as atividades que frequentemente são omitidas ou inseridas no *EL*. Segundo Adriansyah et al. (2011), o valor da *Fitness* resulta da subtração

entre o valor unitário e a razão entre o custo total de inserir e omitir atividades e o custo de considerar todas as atividades como atividades inseridas (EQUAÇÃO 1). Assim,  $k^S$  e  $k^I$  representam o custo associado às atividades *Skipped* e *Inserted*, respetivamente. Assume-se ainda que o conjunto de atividades *Skipped* é identificado por  $A_S \subseteq A$  e o dos eventos *Inserted* por  $E_I \subseteq E_C$ , onde  $E_C$  é a sequência de eventos do paciente  $c \in C$  e  $C$  o conjunto finito de pacientes. Em seguida, sabendo que  $E$  representa o conjunto finito de eventos tem-se que  $\alpha(e)$  é a função responsável por relacionar cada evento ( $e$ ) com a respetiva atividade (Secção 2.3). Por fim,  $\gamma(a)$  indica o número de vezes que cada atividade  $a$  foi omitida.

$$f(c) = 1 - \frac{\sum_{a \in A_S} \gamma(a) \times k^S(a) + \sum_{e \in E_I} k^I(\alpha(e))}{\sum_{e \in E_C} k^I(\alpha(e))} \quad (1)$$

O valor da *Fitness* diminui à medida que atividades *Skipped* e atividades *Inserted* aumentam, tendo um valor entre 0 e 1, considerando a relação entre os valores dos custos que se utilizam, em geral, na prática. Assim, o valor máximo da *Fitness* é atingido quando não existem atividades desta natureza.

O algoritmo  $A^*$  é uma heurística para a determinação do caminho mais curto entre o nodo origem ( $o$ ) e o nodo destino ( $d$ ). A ideia base do algoritmo é explorar todos os nodos, iniciando a procura no nodo origem e expandindo-a para o nodo sucessor mais promissor. Para determinar o nodo sucessor a explorar na iteração seguinte, o algoritmo avalia todos os custos entre o nodo corrente  $u$  e os seus sucessores por explorar, usando a seguinte função de avaliação ( $FA$ ),  $\forall v$  sucessor de  $u$  (Adriansyah et al., 2011):

$$FA(v) = g(o, v) + h(v, d) \quad (2)$$

onde  $g(o, v)$  é uma função que devolve o custo do caminho entre o nodo origem e o nodo  $v$ , e  $h(v, d)$  é uma função heurística que estima o custo do caminho de menor custo entre o nodo  $v$  e o nodo destino. O sucessor a escolher para ser explorado na próxima iteração será o nodo  $v^*$  que minimiza  $FA(v)$ . Se a função heurística nunca sobrestimar o custo real dos caminhos para o nodo final ( $d$ ), o algoritmo  $A^*$  retorna o caminho de menor custo. Posteriormente, como referido, a *Fitness* avalia o cumprimento ou incumprimento entre as atividades presentes no padrão de atuação teórico ( $RP$ ) e o padrão de atuação real ( $EL$ ). Para além disso, o *plug-in* base para a análise no *ProM*<sup>7</sup> usa o algoritmo  $A^*$ .

---

<sup>7</sup> Software selecionado para a obtenção da conformidade entre o *CP* e o *EL*.

## Precisão

A Precisão penaliza os *CPs* que permitam um comportamento improvável, dado o comportamento observado no *EL*. Ou seja, esta medida estima a extensão do comportamento permitido pelo *CP* que não é observado no *EL*, penalizando o comportamento que difira do observado no *EL*.

Segundo a FIGURA 5, os modelos  $M_3$  e  $M_4$  são exemplos de *RP* com valores de precisão diferentes. O modelo  $M_4$  enumera todas as *traces* do *EL*, sem permitir comportamentos para além dos registados. Em contrapartida, e após um disparo de transição, o modelo  $M_3$  permite a execução de qualquer atividade sem impor quaisquer restrições de ordenação. Em suma, o valor de precisão de  $M_4$  é superior ao valor de precisão de  $M_3$ . Um modelo com baixa precisão denomina-se de “*Underfitting*” (Aalst et al., 2012a). Contudo, um *CP* deve generalizar, ao invés de restringir, os comportamentos não presentes no *EL*.

## Generalização

No que diz respeito à Generalização, esta medida avalia até que ponto os *CPs* são capazes de reproduzir comportamentos futuros. Em geral, um *CP* não deve restringir o comportamento apenas ao observado no *EL*. Por exemplo, o modelo  $M_4$  é menos geral que o modelo  $M_1$  porque modela cada *trace* como um caminho único no *CP* (FIGURA 5). Neste caso, um modelo que não generalize caracteriza-se como “*Overfitting*”, e é responsável por criar um *CP* muito específico. Quando um modelo não generaliza o suficiente, este apenas sugere um comportamento padrão reproduzido naquele *EL*. Isto é, um próximo *EL* poderá produzir um modelo completamente distinto. Existe, portanto, um *trade-off* evidente entre um modelo “*Underfitting*” e um “*Overfitting*”, pelo que um modelo deve tentar obedecer a todos os parâmetros de forma equilibrada.

## Simplicidade

Finalmente, a medida Simplicidade penaliza os *CPs* desnecessariamente complexos, i.e., as diferentes hipóteses não devem ser consideradas sem razão aparente. Na FIGURA 5, por exemplo, o modelo  $M_1$  é mais simples que o modelo  $M_4$ , pois contém menos lugares, transições e arcos. Ao contrário das outras medidas de conformidade, a Simplicidade pode ser medida sem ter em conta o comportamento observado das execuções do processo. Assim, modelos mais simples são, por norma, mais compreensíveis e menos erróneos. Contudo, e embora o modelo deva ser simples, não é apropriado que este permita apenas

o comportamento exato registado no *EL*. Tal como referido anteriormente, um *EL* contém apenas comportamentos padrão, sem registar todas as atividades.

### **2.4.3. Técnicas de Melhoria**

A última etapa do *Process Mining* são as técnicas de melhoria de um *CP* (FIGURA 1). Nesta fase o objetivo é estender ou reparar um *CP* pré-existente, fazendo uso do processo real registado no *EL*. Assim, enquanto a análise de conformidade mede o alinhamento entre o *CP* e a realidade, as técnicas de melhoria estendem ou reparam o modelo concebido na fase da descoberta de modo a refletir a realidade de forma mais adequada (Aalst et al., 2012b).

Dada uma *RP* e um *EL*, uma das abordagens utilizadas para reparar um *CP* consiste na adição de transições extra à *RP* original de modo a refletir, de forma mais consistente, o comportamento observado no *EL*. A outra técnica de melhoria é a extensão de *CPs* através, por exemplo, da alteração das durações, das alocações, das regras e das probabilidades de roteamento a partir da informação extraída do *EL*.

## **2.5. Software ProM**

Com o objetivo de facilitar a aplicação do *Process Mining*, foram desenvolvidas várias ferramentas de *software*, como é o caso do *Process Mining Framework (ProM)* desenvolvido pela Eindhoven University of Technology. Atualmente, está disponível a versão 6.11 que disponibiliza mais de 230 *plug-ins* capazes de implementar técnicas de *Process Mining*. Contudo, e tendo em conta que a última versão disponível é um lançamento idealizado apenas para investigadores optou-se por utilizar a versão *ProM Lite* 1.3 que, apesar de não conter os protótipos mais recentes da versão 6.11, conta atualizações face à versão 6.10 (Ferramentas *ProM*, 2022). É um *software* popular na área da saúde pela utilização intuitiva e pela existência de diversos *plug-ins* desde a fase de descoberta às técnicas de melhoria no contexto do *Process Mining*.

Assim, devido à interface intuitiva e aos múltiplos *plug-ins* existentes na área do *Process Mining*, nomeadamente o verificador da conformidade, selecionou-se o *software ProM* para realizar a análise.

## 3. Metodologia

### 3.1. Modelação Processual do *Clinical Pathway* – Hospital da Luz

Os *CPs* são ferramentas capazes de detalhar processos clínicos estruturados para cenários concretos. Na prática, os profissionais de saúde aconselham, de forma geral, os pacientes a seguir o processo *standard*. No entanto, quando necessário, equacionam-se abordagens distintas que contemplem as especificidades de cada paciente.

Recorrendo aos protocolos e diretrizes internas, modelou-se o *CP* disponibilizado pelo HLL para a endometriose, capaz de abranger a maioria dos casos. No entanto, apesar das exceções não serem consideradas neste TFM, são analisadas individualmente pelo HLL e referenciadas no devido ramo, como, por exemplo, as consultas de urologia (ANEXO 3). Estas, apesar de integrarem as diretrizes do HLL não foram tidas em conta por estarem relacionadas com apenas 2% dos pacientes com endometriose. De forma similar, surgem alguns exames adicionais, previstos para casos particulares.

As orientações do HLL preveem ainda a realização de três consultas de psicologia ao longo do processo clínico. Contudo, o ramo da psicologia é uma modalidade recente, neste contexto, pelo que ainda não está devidamente implementado no HLL. Assim, para não penalizar a *Fitness* mais do que uma vez, devido a atividades que não integram o *EL*, optou-se por inserir a consulta de psicologia somente uma vez no *CP*, antes da cirurgia.

Posto isto, a partir do *CP* apresentado na FIGURA 6, verifica-se a existência de uma fase inicial comum a todos os pacientes, em que se avalia e diagnostica o estadió da doença através de uma ecografia pélvica, de duas consultas de ginecologia e de uma consulta de enfermagem. Posteriormente, na fase de tratamento, existem três possíveis trajetos, consoante a prioridade do paciente seja a redução da dor, a maternidade ou a redução da massa pélvica (trajeto estritamente cirúrgico).

Em suma, os três trajetos iniciam na fase de diagnóstico e divergem através de uma sequência de atividades que seguem individualmente ou paralelamente<sup>8</sup>. À exceção do percurso da redução da massa pélvica, que por si só é estritamente cirúrgico, o trajeto da redução da dor e da maternidade só terminam em cirurgia no caso das metas estabelecidas não serem alcançadas através de métodos menos invasivos.

---

<sup>8</sup> No caso da ordem de realização das atividades ser indiferente, recorrendo ao *Gateway* AND (Anexo 2).

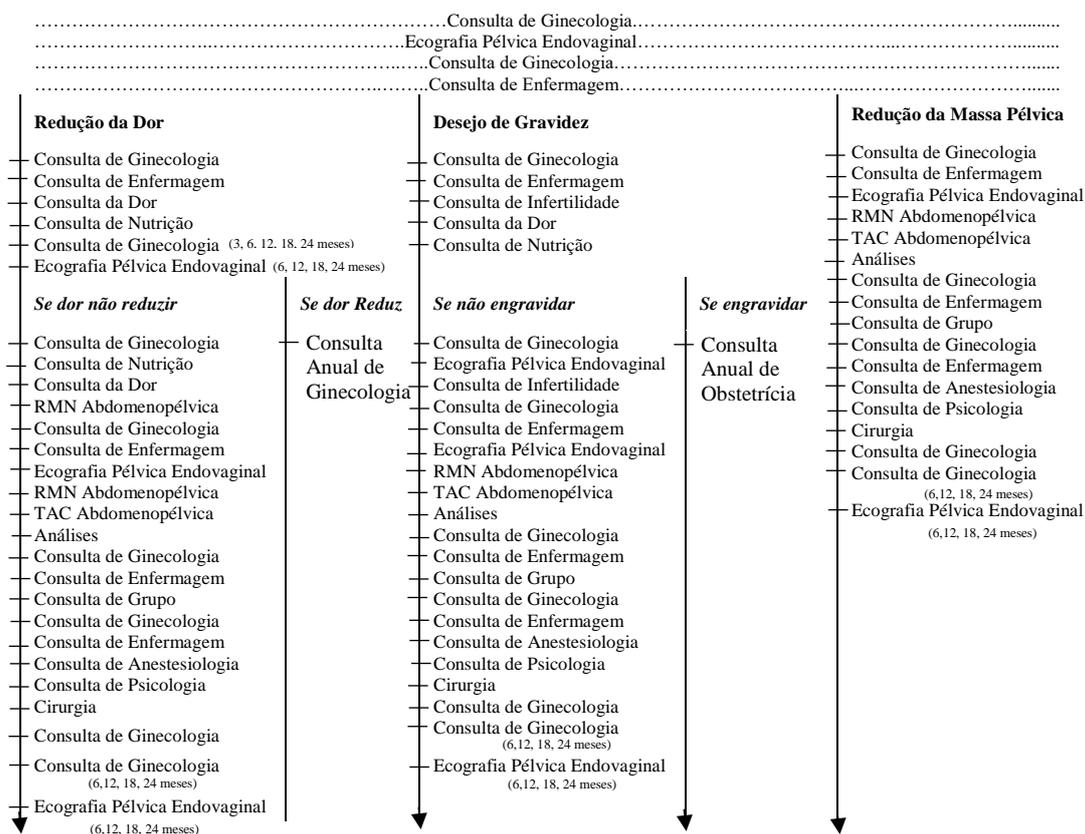


FIGURA 6: Clinical Pathway do Hospital da Luz para a Endometriose

Após a aprovação, das adaptações feitas ao CP, por parte do HLL, o passo seguinte consistiu na transposição do que originalmente se mapeou no CP para a linguagem de modelação BPMN (Pufahl et al., 2022) com recurso ao software Bizagi (Versão 3.9). Numa primeira fase elaborou-se um CP completo, contemplando os três trajetos possíveis (ANEXO 4A). No entanto, por indicações do HLL foi analisado apenas o terceiro trajeto, de forma a garantir que todos os pacientes realizassem a cirurgia, sendo eliminados os restantes trajetos. Porém, se completo, o terceiro trajeto estende-se por cerca de três anos, já que só em consultas de *follow up* são necessários dois anos (24 meses). Deste modo, tendo em conta a restrição temporal imposta, associada ao estudo exclusivo de pacientes cujo tratamento ocorreu em 2021, foi necessário estabelecer barreiras no trajeto, considerando somente a primeira consulta e a primeira ecografia pélvica endovaginal de *follow up* realizadas seis meses após a cirurgia (ANEXO 4B).

### Visão Internacional

O CP implementado, atualmente no HLL, para a endometriose vai ao encontro das diretrizes clínicas aceites internacionalmente pelo NHS e pelo NICE (ANEXO 1A e 1B). No entanto, a discrepância entre o padrão identificado na literatura e o percurso teórico

efetuado no HLL é evidente. A primeira divergência está relacionada com a elevada carga clínica subjacente ao padrão de atuação teórico do HLL, face à encontrada na literatura. Desta forma, pode depreender-se que a integração vertical de cuidados do HLL é bastante mais elaborada e detalhada. Consequentemente, o facto do número de atividades clínicas ser bastante superior, faz com que o padrão de atuação real do HLL esteja suscetível a uma maior volatilidade de cumprimento face ao padrão de atuação teórico.

Adicionalmente, em relação ao número de trajetos, o *CP* do HLL integra um percurso estritamente relacionado com a fase cirúrgica, enquanto a literatura não considera essa possibilidade.

## **3.2. Análise de Dados**

### **3.2.1. Dados Brutos**

O Hospital da Luz de Lisboa disponibilizou múltiplos ficheiros *Excel* com dados anonimizados de 209 pacientes diagnosticados com endometriose cuja cirurgia ocorreu em 2021. A par da base de dados principal surgem, de forma a complementar a informação, três bases de dados secundárias referentes às áreas de Imagiologia, Anestesiologia e Análises Clínicas. As bases continham o identificador exclusivo do paciente (*Case ID*), o identificador de atividade (*Activity*), o respetivo registo temporal (*Timestamp*) e a identificação do profissional de saúde responsável (*Staff ID*).

### **3.2.2. Processamento das Bases de Dados**

A complexidade inerente aos sistemas de informação de saúde faz com que a informação interna seja transmitida de forma minuciosa e detalhada. Assim, para além dos procedimentos médicos necessários para a realização deste TFM, a base de dados principal incluía consumíveis, honorários, pacotes de consumo e fármacos envolvidos no processo clínico. Diante deste panorama surge a necessidade de realizar a primeira filtragem da informação, eliminando as linhas do ficheiro *Excel*, referentes a recursos usados durante o tratamento que, por não serem considerados atividades, não devem integrar o *EL*. Após retirar todos os elementos relacionados com recursos, a base que inicialmente continha 52609 linhas, passou a ter 1113 linhas. Em seguida, e tendo em conta que todas as bases de dados foram construídas através de pesquisas pelo *Case ID*, foi necessário excluir as atividades fora do âmbito da endometriose (por exemplo,

Ecografia Mamária). Ao aplicar este raciocínio foram excluídas diversas linhas dos ficheiros *Excel*, nomeadamente:

- Base de dados principal: das 1113 linhas permaneceram 925 linhas;
- Base de dados de Imagiologia: das 655 linhas permaneceram 174 linhas;
- Base de dados de Análises Clínicas: das 2036 linhas permaneceram 1001 linhas;
- Base de dados de Anestesiologia: dados exclusivos da endometriose (84 linhas).

Por fim, à exceção das colunas do *Case ID*, da *Activity*, do *Timestamp* e do *Staff ID* todas as restantes foram excluídas.

Na segunda fase do processamento, após eliminar todas as atividades irrelevantes para o estudo, procedeu-se à standardização de nomenclaturas de forma a uniformizar a informação e facilitar a análise impedindo, posteriormente, que o paciente realize atividades com a mesma designação e igual *Timestamp*.

No caso da base de dados principal, criou-se a categoria “*Consulta de Ginecologia*” que agrega as consultas telefónicas e por videochamada, as consultas iniciais e as de seguimento. Da mesma forma, a classe “*Cirurgia*” engloba os diferentes tipos de cirurgia existentes neste contexto. A compactação de informação permitiu a redução de 925 para 559 linhas.

Na base de dados de Imagiologia, a categoria “*RMN Abdomenopélvica*”, agrupa as RMN pélvicas e abdominais; a “*Ecografia Pélvica Endovaginal*” engloba as ecografias abdominais, pélvicas e suprapélvicas; e a “*TAC Abdomenopélvica*” reúne as TACs abdominais e pélvicas. Este processo possibilitou uma diminuição das 174 linhas iniciais para 117.

Relativamente à base de dados das Análises Clínicas, realizou-se uma pré-seleção das análises presentes nas diretrizes do HLL para a endometriose e, em seguida, aglomerou-se a informação numa categoria denominada de “*Análises*”. O processo resultou numa diminuição de 1001 para 106 linhas. Ao visualizar os dados presentes nesta base de dados, percebeu-se que determinadas análises se realizavam em contexto de internamento, após a cirurgia. Sendo uma atividade que, segundo o *CP*, se realiza exclusivamente antes da cirurgia, tornou-se imprescindível estudar o impacto de tal alteração. Assim, apesar do *CP* não contemplar esta atividade, foi necessário introduzir a categoria “*Internamento*” que, como se apresenta na secção seguinte, funcionará como atividade *Inserted* adicionando 100 linhas ao *EL* final.

À semelhança do procedimento efetuado na base de dados principal, a base de dados de Anestesiologia agrupa em “*Consultas de Anestesiologia*” as consultas telefónicas e por videochamadas, as consultas iniciais e as de seguimento, permanecendo com 57 das 84 linhas iniciais.

Por último, realizou-se o cruzamento da informação das bases de dados criando um *EL* comparável com o *CP* pré-estabelecido. A junção de todas as bases de dados fez um total de 55387 linhas, reduzidas a 939 no final do processamento. Na prática, dos 209 pacientes iniciais apenas 153 permaneceram em análise. Todo o processo é resumido na TABELA 3.

TABELA 3: Etapas principais do processamento de dados dos ficheiros *Excel*

| <b>Base Principal</b>  | <b>Imagiologia</b>  | <b>Análises</b>   | <b>Anestesiologia</b>  |
|--|---|---|--|
| <b>Bases de Dados Iniciais</b>   |   |   |  |
| 675 Recursos e 59 Classes de Atividades:<br>– 53 Classes de Cirurgias<br>– 4 Classes de Consultas de Ginecologia<br>– 2 Classes de Consultas de Obstetrícia<br><br><i>52609 Linhas</i> | 28 Classes de Atividades:<br>– 7 Classes de TAC<br>– 7 Classes de RMN<br>– 12 Classes de Ecografias<br>– 2 Classes de Raio-X<br><br><i>655 Linhas</i> | 138 Classes de Atividades:<br>– 138 Classes de Análises<br><br><i>2036 Linhas</i> | 4 Classes de Atividades:<br>– 4 Classes de consultas de Anestesiologia<br><br><i>84 Linhas</i> |
| <b>Resultado da 1.ª Etapa: Eliminação de fatores relacionados com Recursos na base de dados Principal</b>  |   |   |  |
| 59 Classes de Atividades:<br>– 53 Classes de Cirurgias<br>– 4 Classes de Consultas de Ginecologia<br>– 2 Classes de Consultas de Obstetrícia<br><br><i>1113 Linhas</i>                 | Não existem recursos<br>Informação mantém-se<br><br><i>655 Linhas</i>   | Não existem recursos<br>Informação mantém-se<br><br><i>2036 Linhas</i>            | Não existem recursos<br>Informação mantém-se<br><br><i>84 Linhas</i>                           |
| <b>Resultado da 2.ª Etapa: Eliminação atividades fora do âmbito da endometriose</b>  |   |   |  |
| 20 Classes de Atividades:<br>– 16 Classes de Cirurgias<br>– 4 Classes de Consultas de Ginecologia<br><br><i>925 Linhas</i>   | 9 Classes de Atividades:<br>– 3 Classes de TAC<br>– 3 Classes de RMN<br>– 3 Classes de Ecografias<br><br><i>174 Linhas</i>                            | 45 Classes de Atividades:<br>– 45 Classes de Análises<br><br><i>1001 Linhas</i>   | 4 Classes de Atividades:<br>– 4 Classes de consultas de Anestesiologia<br><br><i>84 Linhas</i> |
| <b>Resultado da 3.ª Etapa: Estandarização de nomenclaturas e eliminação das células repetidas</b>  |   |   |  |
| 2 Classes de Atividades:<br>– 1 Classe de Cirurgia<br>– 1 Classes de Consultas de Ginecologia<br><br><i>559 Linhas</i>   | 3 Classes de Atividades:<br>– 1 Classes de TAC<br>– 1 Classes de RMN<br>– 1 Classes de Ecografias<br><br><i>117 Linhas</i>                            | 1 Classe de Atividades:<br>– 1 Classe de Análises<br><br><i>106 Linhas</i>        | 1 Classe de Atividades:<br>– 1 Classe de Consultas de Anestesiologia<br><br><i>57 Linhas</i>   |
| <b>Resultado da 4.ª Etapa: Junção de 100 linhas pela classe “Internamento” perfaz um total de 939 Linhas</b>   |   |   |  |

As consultas de psicologia, de enfermagem e de grupo, como referido a Secção 3.1, integram o *CP*. No entanto, observou-se, posteriormente, a inexistência de qualquer informação sua nas bases de dados. Na prática, funcionarão como atividades *Skipped*.

### 3.2.3. Dados Processados

A fase de processamento permitiu a extração de um *EL*, para a endometriose. Sabendo que o número de linhas de *Excel* está diretamente relacionado com o número de eventos, tem-se que os 55387 eventos se encontram distribuídos por 229 classes no início do processamento. O *EL* final contém 939 eventos agrupados em oito classes como se observa na *TABELA 4*.

TABELA 4: Distribuição dos eventos pelas oito classes

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <i>Consultas de Ginecologia</i>      | 404 (43%) |
| <i>Cirurgia</i>                      | 155 (17%) |
| <i>Análises</i>                      | 106 (11%) |
| <i>Internamento</i>                  | 100 (10%) |
| <i>Consultas de Anestesiologia</i>   | 57 (6%)   |
| <i>Ecografia Pélvica Endovaginal</i> | 55 (6%)   |
| <i>RMN Abdomenopélvica</i>           | 55 (6%)   |
| <i>TAC Abdomenopélvica</i>           | 7 (1%)    |

No contexto da endometriose, o quadro clínico tradicional, considera uma cirurgia por paciente. Contudo, verifica-se a existência de 155 cirurgias para 153 pacientes, visto que dois deles recorreram à segunda cirurgia em resultado de complicações na primeira.

Adicionalmente, as “*Consultas de Anestesiologia*” apresentam uma incongruência face ao número de cirurgias praticadas. Em teoria, é impossível realizar uma cirurgia sem efetuar *a priori* uma consulta de anestesiologia. Porém, existem apenas 57 consultas de anestesiologia para 155 cirurgias. Esta discrepância pode resultar de casos onde é feita uma avaliação anestesiológica pré-operatória que não fica registada como uma atividade distinta ou das consultas serem realizadas noutra instalação. Contudo, apesar de admitir a existência de procedimentos clínicos realizados em outras unidades do Grupo Luz Saúde assume-se como pressuposto que cada paciente realiza todo o seu percurso no HLL de Lisboa.

Por fim, é importante salientar a percentagem da classe “*Internamento*” que, apesar de não integrar o *CP* do HLL, se encontra presente em 10% dos eventos praticados no *EL*, valor considerável, especialmente, quando comparado com os restantes.

### 3.3. Aplicação no Software ProM

A última etapa para a obtenção da conformidade entre o *CP* e o *EL*, do Hospital da Luz, corresponde à aplicação no *software ProM*<sup>9</sup>. Inicialmente procedeu-se à importação do ficheiro *Excel* em formato CSV, com o *EL* de 153 pacientes, e do *CP* modelado em linguagem BPMN no *software Bizagi*, versão 3.9.

Em seguida, recorreu-se a *plug-ins* de conversão para transformar os *inputs* introduzidos no *ProM*, em objetos facilmente reconhecidos pelo *software*. Assim, através do *plug-in* “**Convert CSV to XES**” converteu-se o ficheiro CSV em formato XES. Por sua vez, o modelo BPMN traduziu-se numa *RP* utilizando o *plug-in* “**Convert BPMN to Petri Net – control-flow**” e selecionou-se a opção “*Conformance Checking*”.

Na posse de um ficheiro XES e de uma *RP*, tornou-se possível proceder à análise de conformidade entre o *EL* e o *CP*, utilizando o *plug-in* “**Replay a Log on Petri Net for Conformance Analysis**”. Durante este processo desativaram-se as atividades presentes no *CP* sem qualquer tipo de informação no *EL*, como é o caso das consultas de psicologia, de enfermagem e de grupo. Este *plug-in* permitiu ainda penalizar a *Fitness* na existência de atividades *Skipped* e *Inserted*. Por fim, para proceder à análise de conformidade selecionou-se o algoritmo “*Dijkstra based replayer*” e o algoritmo “*Splitting replayer*”. Ambos seguem a abordagem do algoritmo  $A^*$  existindo, no entanto, pontos de divergência. As principais valências do “*Splitting replayer*” prendem-se com a garantia de resultados ótimos, enquanto o “*Dijkstra based replayer*” permite penalizar individualmente as atividades *Skipped* e *Inserted*, atribuindo custos distintos. Contudo, na utilização do algoritmo “*Dijkstra based replayer*”, todas as atividades foram penalizadas com valor 1, não as diferenciando (*Skipped* nem *Inserted*). Neste sentido, os resultados foram similares em ambos os algoritmos.

Por fim, utilizou-se o *plug-in* “**Mine for a Handover-of-Work Social Network**” (*Song*), para através do *EL* se realizar uma análise entre as interações dos profissionais de saúde envolvidos no processo de tratamento da endometriose no HLL (Ferramentas ProM, 2022).

---

<sup>9</sup> A par da instrução por parte do HLL, a aprendizagem do *software ProM* passou pela realização de um curso *online* ministrado pela empresa *Future Learn*.

## 4. Discussão de Resultados

### 4.1. Resultados Gerais de Conformidade

Como referido, a análise de conformidade realizou-se para 153 pacientes cuja idade média registada foi de 38 anos, o que corrobora o princípio de que a endometriose afeta sobretudo mulheres em idade reprodutiva. O trajeto<sup>10</sup> do CP selecionado para a conformidade, prolongou-se, em média, por sete meses, realizando a cirurgia ao fim do terceiro mês (TABELA 5).

TABELA 5: Estatísticas gerais da amostra inserida no *software ProM*

|  |     |
|--|-----|
| Número Total de Pacientes  | 153 |
| Idade dos Pacientes  |     |
| I. Mínimo  | 21  |
| II. Média  | 38  |
| III. Máximo  | 69  |
| Tempo Médio entre a 1. <sup>a</sup> atividade e a última atividade (meses) | 7   |
| Tempo Médio entre a entrada no Hospital da Luz e a Cirurgia (meses)        | 3   |

Recordando que o *EL* contém 939 eventos, sabe-se que durante o processo, cada paciente efetuou, em média, seis eventos, sendo 1 e 15 o mínimo e o máximo, respetivamente. Relativamente às atividades dessincronizadas com o CP, apurou-se a existência de 2484 atividades *Skipped* e 210 atividades *Inserted*. O elevado número de atividades *Skipped* irá refletir-se no valor da *Fitness*, como se analisa na Secção 4.2. As estatísticas fornecidas pelo *software* encontram-se sumariadas na TABELA 6.

TABELA 6: Resultados gerais de conformidade

| Eventos |       |        |        |               | Atividades     |                 |
|---------|-------|--------|--------|---------------|----------------|-----------------|
| Total   | Média | Mínimo | Máximo | Desvio Padrão | <i>Skipped</i> | <i>Inserted</i> |
| 939     | 6     | 1      | 15     | 2,81          | 2484           | 210             |

### Distribuição do Fluxo de Atividades

A análise do fluxo de atividades clínicas nos diferentes meses do ano representa uma ferramenta vantajosa para melhorar a afetação e gestão dos recursos humanos. Pela visualização da FIGURA 7, conclui-se que janeiro e março são os meses com maior

<sup>10</sup> Terceiro trajeto, referente à massa pélvica (estritamente cirúrgico).

afluência de pacientes com endometriose ao HLL. A incidência no primeiro mês do ano pode ser parcialmente justificada pela continuidade dada a pacientes do ano anterior. Relativamente ao mês de março não existe uma relação causal aparente. Por sua vez, o mês de agosto coincide, frequentemente, com períodos de férias pelo que é expectável que o fluxo de atividades seja menor.

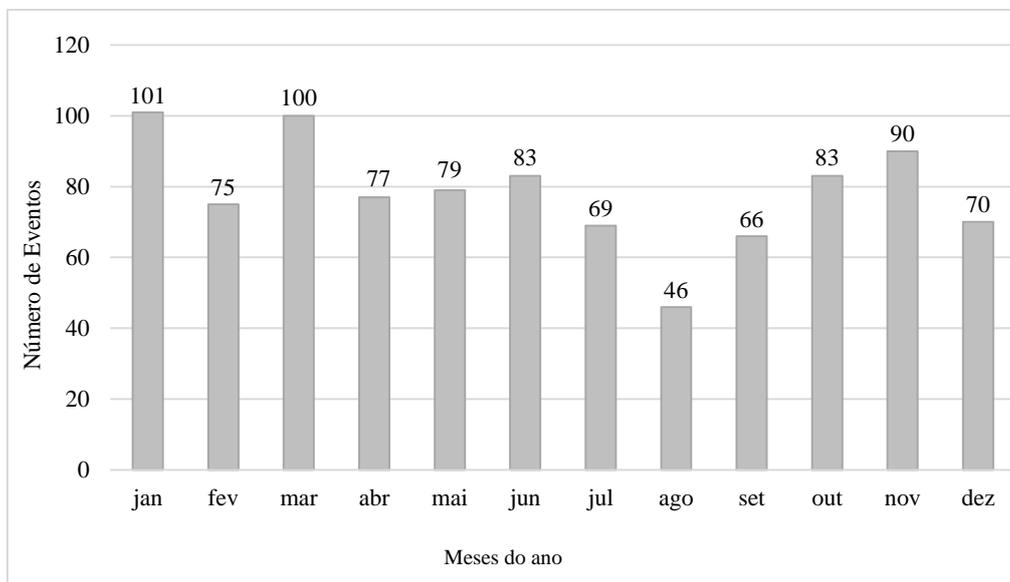


FIGURA 7: Distribuição dos eventos pelos meses do ano

## 4.2. Análise de Conformidade

A conformidade analisou-se através do *plug-in* “*Project Alignment to Log (PNetReplayer)*” que categoriza, através de cores, cada atividade. As atividades *Inserted*, as *Skipped* e as sincronizadas com o *CP* surgem a amarelo, roxo e verde, respetivamente. É de notar ainda, que os *Gateways* (pontos de transição) paralelos criados na modelação em BPMN surgem assinalados a preto.

A FIGURA 8 mostra a conformidade para sete indivíduos, onde cada seta sequencial contém diversas cores consoante a classificação das atividades. Tomando como exemplo o primeiro paciente, 1129a0346, este cumpre seis atividades no tempo estipulado pelo *CP* (verde), omite 15, i.e., não as realiza conforme o estipulado no *CP* (roxo), insere sete perante o que está descrito no *CP* (amarelo), e 14 representam *Gateways* AND (ANEXO 5). Similarmente, aplica-se o mesmo raciocínio à análise das restantes *traces*.



FIGURA 8: Análise de Conformidade para sete pacientes através do software ProM

#### 4.2.1. Conformidade Global

Na prática, a conformidade avalia-se pela correspondência entre o *EL* e o *CP* através da ordem sequencial das atividades. Relativamente ao valor da *Fitness*, conclui-se que o valor médio registado 0,34 (assinalado a vermelho no lado esquerdo da FIGURA 8), sugere uma discrepância entre o padrão de atuação real e as diretrizes pré-estabelecidas pelo HLL. Como se observa na TABELA 7, os valores da *Fitness* situam-se no intervalo [0,08; 0,62], i.e., a conformidade mínima ronda os 0,08 e a máxima os 0,62.

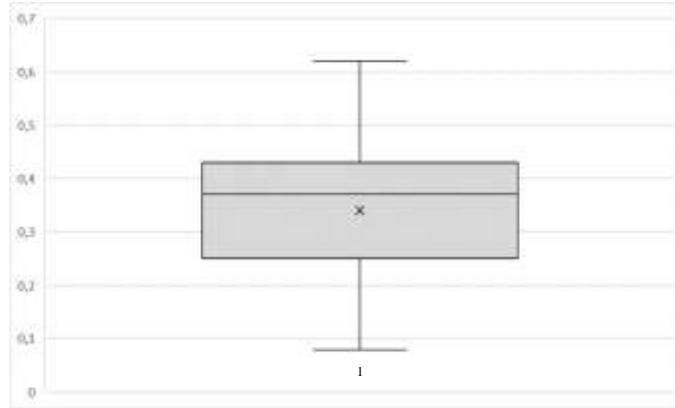
O valor máximo da *Fitness* traduz o percurso de um paciente cujo tratamento se encontra em conformidade com o *CP*, à exceção das consultas de enfermagem, de grupo, e de psicologia, das quais não existe informação no *EL*. Caso estas atividades não integrassem o *CP* o valor máximo da *Fitness* seria superior a 0,62 pois estas atividades não seriam consideradas *Skipped*. Atualmente, estas atividades estão a ser progressivamente integradas nas práticas clínicas, sendo expectável que o valor da *Fitness*, em estudos futuros, aumente.

Por sua vez, a *Fitness* mínima está associada a dois pacientes cujo percurso clínico conta apenas com a cirurgia realizada de acordo com as recomendações do *CP*.

O intervalo que abrange os quartis  $Q_1$  e  $Q_3$  situa-se entre [0,25; 0,43], ou seja, 50% da amostra tem um valor para a *Fitness* entre 0,25 e 0,43. O *box plot* da FIGURA 9 traduz graficamente a informação apresentada na TABELA 7. A análise não sugere a presença de *outliers*.

TABELA 7: Estatísticas gerais da *Fitness*

| Desvio Padrão | Média | Mínimo | 1º Quartil | Mediana | 3º Quartil | Máximo |
|---------------|-------|--------|------------|---------|------------|--------|
| 0,13          | 0,34  | 0,08   | 0,25       | 0,37    | 0,43       | 0,62   |

FIGURA 9: *Box Plot* da *Fitness*

#### 4.2.2. Distribuição dos Pacientes por Níveis de Conformidade

Para analisar o valor da *Fitness* por *traces*, elaborou-se a FIGURA 10, que representa a distribuição dos pacientes pelos três níveis de conformidade. Os grupos foram determinados tendo em conta os valores aceites pelo HLL, como sendo caracterizadores de *traces* de *Fitness* baixa, moderada e elevada, apresentadas em seguida:

- Conformidade Baixa:  $[0; 0,4[$
- Conformidade Moderada:  $[0,4; 0,7[$
- Conformidade Elevada:  $[0,7; 1]$

Conclui-se, assim, que 58% dos casos estudados apresentam valores de conformidade baixa, situada no intervalo  $[0; 0,4[$ . Por sua vez, os restantes 42% referem-se a *traces* com conformidade moderada. Consequentemente, e tal como era expectável face aos resultados já analisados, não existe qualquer registo de *traces* com conformidade elevada, i.e., valores superiores ou iguais a 0,7, o que sugere um grande espaço para melhorias no que toca à adesão das recomendações do *CP* nas práticas clínicas.

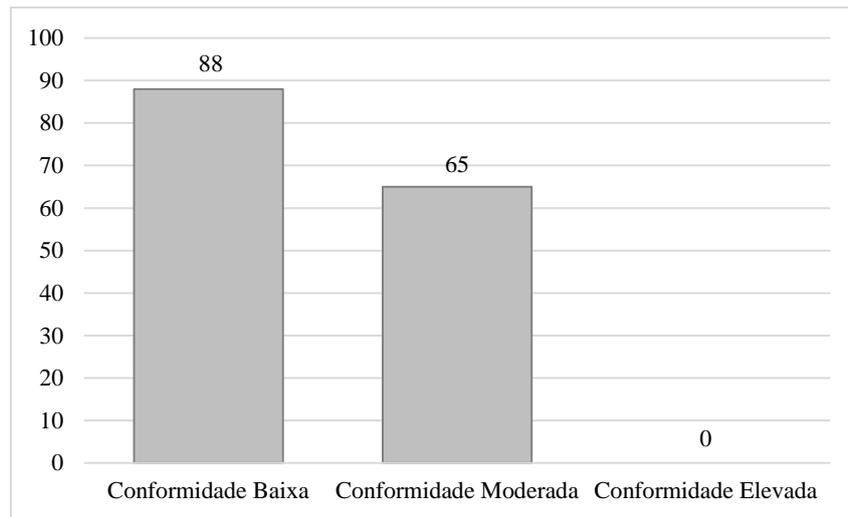


FIGURA 10: *Fitness* por *trace*

#### 4.2.3. Relação entre a *Fitness* e o Número de Atividades

Para averiguar uma possível relação entre o valor da *Fitness* e o número de atividades realizadas por cada paciente, incluindo quer as sincronizadas quer as *Inserted*, elaborou-se um diagrama de dispersão.

Assim, pode concluir-se que existe uma correlação, presente na FIGURA 11, entre a *Fitness* e o número de atividades da amostra, modelada por um polinómio, com um  $R^2$  igual a 0,8038.

Adicionalmente, observa-se que a *Fitness* é mais elevada nos trajetos com onze atividades por paciente, calculado anteriormente. O gráfico exibe uma parábola de concavidade negativa, onde a *Fitness* se apresenta inferior nas extremidades.

Na amostra analisada as atividades *Inserted* não se encontram distribuídas homogeneamente pelos pacientes, estando concentradas apenas em alguns casos. Seguindo este raciocínio, o elevado número de atividades *Inserted*, traduz-se em *traces* com um maior número de atividades dessincronizadas com o *CP*, diminuindo o valor da *Fitness* nos pacientes com mais atividades.

Por sua vez, em trajetos onde os pacientes realizam em média duas atividades, e em que apenas uma delas está de acordo com o *CP* é expectável que o valor da *Fitness* seja baixo, na medida em que cumpre uma parcela ínfima do *CP*, composto por 21 atividades, ficando muito aquém do esperado.

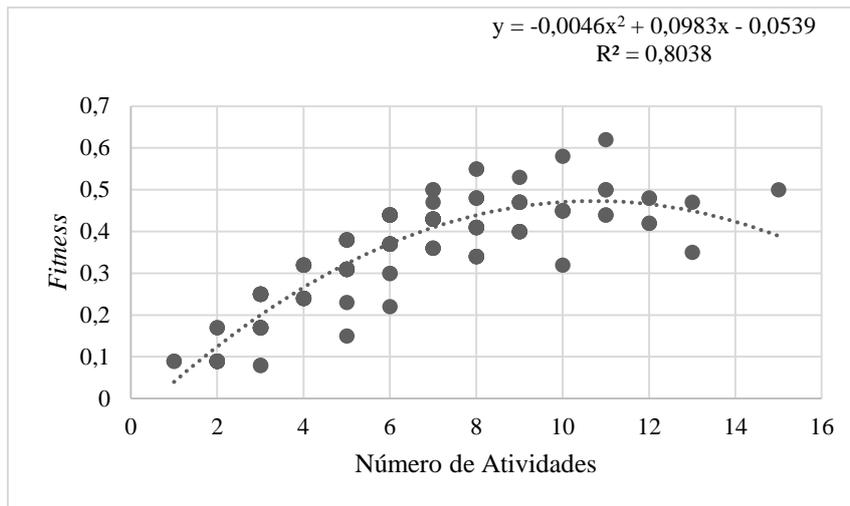


FIGURA 11: Diagrama de dispersão entre a *Fitness* e o número de atividades efetuadas por paciente

### 4.3. Interações entre Profissionais de Saúde

Numa perspetiva organizacional, a interação entre os profissionais de saúde envolvidos no processo representa um mecanismo de análise adicional no que toca à gestão dos recursos humanos. Esta análise resulta num grafo constituído por nodos e arcos (FIGURA 12). Os profissionais de saúde são representados pelos nodos, e as suas interações pelos arcos. Relativamente aos nodos, quanto maior a proximidade ao centro, maior é o número de interações do profissional de saúde na rede. Contrariamente, quanto mais afastado do centro, mais isolado do processo o profissional se encontra.

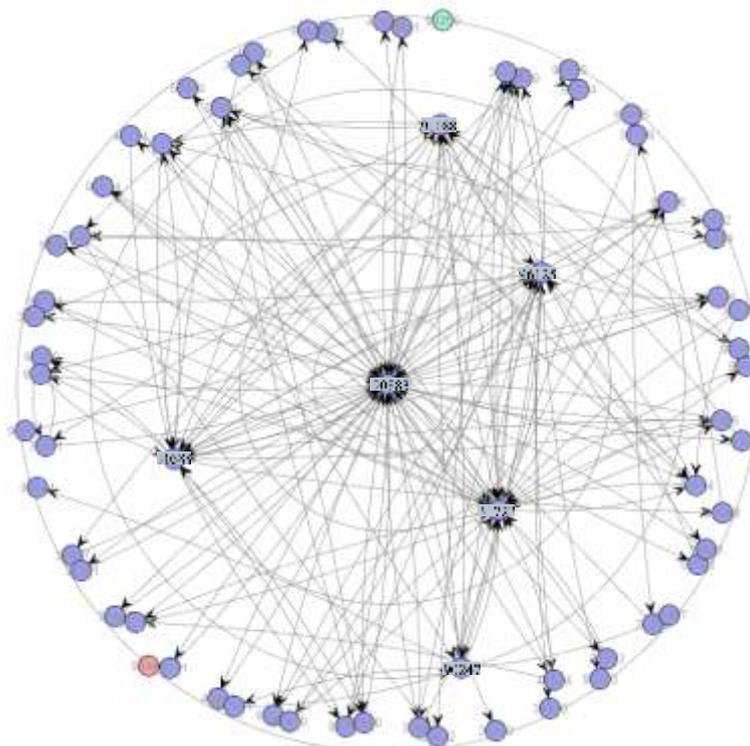


FIGURA 12: Interações entre profissionais de saúde

Posto isto, é possível determinar a influência que cada profissional de saúde tem na rede através da *FIGURA 12*. Neste seguimento, destacam-se seis profissionais de saúde: o 90883, o 31722, o 96125, o 90247, o 91088 e o 90388. Segundo a análise do *ProM*, o profissional 90883, é responsável por 47% das cirurgias e 63% das consultas de ginecologia aplicadas no contexto da endometriose. Por sua vez, o profissional 31722 assegura 21 ecografias pélvicas endovaginais num total de 55, ou seja 38%. No que concerne às análises clínicas, o profissional 96125, garante a realização de 71 análises (67%) das 106. Em relação às RMN Abdomenopélvica, o profissional 91088 é responsável por 87% das praticadas. Por fim, os profissionais 90247 e 90388 surgem com 68 e 52 interações, respetivamente. É de realçar que apesar destes seis profissionais assegurarem 83% do tratamento total, nenhum realiza consultas de anestesiologia.

Em suma, pode afirmar-se que estes seis profissionais são imprescindíveis para o HLL no contexto da endometriose. Neste sentido, era importante garantir a sua fixação no HLL. Por outro lado, se forem profissionais perto da reforma é de extrema importância procurar substitutos que assegurem o seu trabalho, posteriormente. A informação detalhada sobre os seis profissionais encontra-se traduzida na *TABELA 8*.

TABELA 8: Procedimentos clínicos dos profissionais de saúde com mais interações no processo

| <b>Profissionais de Saúde</b>      | <b>90883</b> | <b>31722</b> | <b>96125</b> | <b>90247</b> | <b>91088</b> | <b>90388</b> |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Número de Atividades               | 369          | 163          | 71           | 68           | 56           | 52           |
| “Consultas de Ginecologia”         | 254          | 87           | -            | 8            | -            | 24           |
| “Ecografias Pélvicas Endovaginais” | -            | 21           | -            | -            | 7            | 6            |
| “RMN Abdomenopélvica”              | -            | -            | -            | -            | 48           | -            |
| “TAC Abdomenopélvica”              | -            | -            | -            | -            | 1            | -            |
| “Análises”                         | 5            | 5            | 71           | 3            | -            | 1            |
| “Cirurgias”                        | 73           | 29           | -            | 32           | -            | 11           |
| “Internamentos”                    | 37           | 21           | -            | 25           | -            | 10           |

Adicionalmente, convém ainda destacar os profissionais de saúde representados a cor diferente na *FIGURA 12*. O 90445 com o círculo rosa e o 90250 com o círculo verde. Esta distinção acontece quando determinado profissional de saúde acompanha o percurso do paciente na íntegra. Isto é, enquanto os restantes pacientes são seguidos por diversos especialistas consoante a atividade que pretendem executar, o paciente 1131a5630 (com *Fitness* de 0,43) apenas é assistido pelo profissional 90445 e o paciente 1154a5420 (com

*Fitness* de 0,17) pelo profissional 90250, desde a primeira consulta até à última atividade.

A TABELA 9 apresenta o percurso de ambos os pacientes.

TABELA 9: Pacientes cujo tratamento conta apenas com um profissional de saúde

| <b>1131a5630</b>              | <b>1154a5420</b>        |
|-------------------------------|-------------------------|
| Consulta de Ginecologia       | Consulta de Ginecologia |
| Ecografia Pélvica Endovaginal | Cirurgia                |
| Consulta de Ginecologia       |                         |
| Consulta de Ginecologia       |                         |
| Cirurgia                      |                         |
| Internamento                  |                         |
| Consulta de Ginecologia       |                         |

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

A literatura científica reconhece os *CPs* como ferramentas amplamente utilizadas na prestação de cuidados de saúde, apesar de, por vezes, não se coadunarem com as práticas clínicas adotadas pelos profissionais. Contudo, o valor intrínseco da análise da conformidade não está, exclusivamente, na mensuração da adesão das práticas clínicas ao *CP*, mas sim nos benefícios que advêm do estudo da conformidade como, por exemplo, combater desvios injustificados da prática clínica e melhorar a qualidade dos serviços médicos prestados.

Assim, o principal objetivo deste trabalho consistiu na avaliação da conformidade entre o padrão de atuação real e o padrão de atuação teórico para a endometriose no HLL, de forma a monitorizar, apoiar e melhorar os processos clínicos da instituição. Sucintamente, o estudo foi iniciado através do devido enquadramento no ambiente hospitalar, definindo conceitos e temáticas relacionadas. Em seguida, modelou-se um *CP* capaz de transmitir de forma clara e objetiva o trajeto comum de pacientes com endometriose. Posteriormente, após uma cuidada pesquisa bibliográfica, identificaram-se os algoritmos e métodos atualmente empregues neste contexto. As técnicas de *Process Mining* revelaram ser a opção com maior potencial na extração de informação de processos, pelo que se enveredou por esse caminho. Desta forma, na posse de um *EL* e de um *CP*, aplicou-se um algoritmo de verificação da conformidade, analisado através da medidas *Fitness*.

Neste contexto, admitindo a existência de procedimentos clínicos realizados em outras unidades do Grupo Luz Saúde foi necessário assumir como pressuposto que cada paciente realizou todo o seu percurso no HLL. Este ponto instiga uma intervenção mais aprofundada ao nível do registo dos pacientes. Como sugestão para futuros trabalhos, seria recomendável reunir todos os registos dos pacientes na rede Luz Saúde. Esta possibilidade, apesar de complexa, revelar-se-ia vantajosa, na medida em que permitiria captar determinados registos que, por não serem efetuados no HLL, não foram captados e incluídos na análise. Por exemplo, o Hospital da Luz Torres de Lisboa acomoda diversos procedimentos antes de transferir os pacientes para o HLL, levando à perda de informação que, por sua vez, se reflete no resultado final.

Contudo, independentemente dos obstáculos que surgiram, a metodologia aplicada provou ser uma abordagem robusta, uma vez que forneceu informações valiosas de um conjunto de dados reconhecido como incompleto. Comumente, as bases de dados disponibilizadas pelos sistemas de informação apresentam barreiras na descodificação e inconsistências nos registos. Sendo a qualidade dos dados essencial para o sucesso da análise, esta poderá ter sido a principal limitação do estudo. A título de exemplo, surgem as consultas de anestesiologia, onde somente uma parcela ínfima foi registada na devida classe, impactando negativamente a análise final.

Relativamente às consultas relacionadas com a área da psicologia, da enfermagem e de grupo, estas não registaram qualquer ocorrência, representando uma violação significativa do *CP*, razão pela qual devem ser cuidadosamente monitorizadas pelo HLL e integradas em terapêuticas futuras.

Adicionalmente, os resultados evidenciaram a inexistência de pacientes cujo percurso cumprisse de forma integral o *CP*, i.e., não se registou nenhuma sequência de eventos totalmente descrita no processo analisado. Neste sentido, é notório o grande espaço para melhorias no processo, uma vez que o valor da *Fitness*, em média, se situa nos 0,34, i.e., 58% dos casos estudados apresentaram conformidade baixa.

Por sua vez, a homogeneização do *CP* permitiu eliminar atividades que contavam com uma ínfima percentagem de pacientes, como é o caso das consultas de urologia. Contudo, ao contemplar apenas os casos comuns, desvalorizaram-se as exceções, restringindo o número de pacientes. Neste sentido, uma proposta para futuros trabalhos seria a realização de um *CP* que abranja casos mais heterogéneos atendendo às necessidades específicas de um grupo mais amplo de pacientes. No que diz respeito, ao número de trajetos, apenas se

estudou o terceiro, referente à massa pélvica. A inclusão dos restantes percursos (infertilidade, dor) na análise iria tornar o estudo mais dinâmico e fiável. A adição de casos anteriores a 2021, também seria uma opção viável na medida em que quanto mais completas forem as bases de dados mais eficazes as técnicas de *Process Mining* são.

No que concerne à categoria do internamento, esta demonstrou ter um peso considerável no tratamento da endometriose. Assim, apesar desta não contemplar as diretrizes do HLL, seria prudente analisar a hipótese de futuramente a incluir no *CP*.

Em relação aos profissionais de saúde envolvidos, distinguiram-se alguns pelo papel crucial que apresentam no processo de tratamento da endometriose no HLL. Em síntese, o profissional 90883 assegura 47% das cirurgias e 63% das consultas de ginecologia. Por sua vez, o profissional 31722 realiza 21 ecografias pélvicas endovaginais num total de 55. O profissional 96125 exerce 67% das análises e o profissional 91088 é responsável por 87% das RMN praticadas. Em suma, pode afirmar-se que estes profissionais de saúde são imprescindíveis para o HLL, no contexto da endometriose, pelo que a sua fixação seria uma ação vantajosa.

Por fim, e relativamente aos algoritmos utilizados neste TFM, seria interessante definir diferentes “custos” de inserir ou omitir cada atividade durante a aplicação do algoritmo Dijkstra, na medida em que foi atribuído o mesmo valor a todas. Esta pequena alteração pode originar resultados mais fidedignos pois penaliza de diferente forma as diferentes atividades, visto que cada uma apresenta uma importância diferente no tratamento.

Depois destas considerações, pode concluir-se que os objetivos inicialmente traçados foram alcançados com sucesso e permitem a realização de futuras investigações nesta área de *Process Mining*.

## 6. Bibliografia

- Aalst, Kalenkova, A., Rubin, V., & Verbeek, E. (2015). Process Discovery Using Localized Events. Em R. Devillers & A. Valmari (Eds.), *Application and Theory of Petri Nets and Concurrency* (287–308). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19488-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19488-2_15)
- Aalst, W. (2016). *Process Mining: Data Science in Action*. Springer, 2nd edition. [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=hUEGDAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&ots=ZDeNHj3zoJ&sig=AxflVpZ\\_IL5kIFbGhJudz-h-zQw&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=hUEGDAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&ots=ZDeNHj3zoJ&sig=AxflVpZ_IL5kIFbGhJudz-h-zQw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Aalst, W., Adriansyah, A., Medeiros, A. K. A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., Bose, J. C., Brand, P., Brandtjen, R., Buijs, J., Burattin, A., Carmona, J., Castellanos, M., Claes, J., Cook, J., Costantini, N., Curbera, F., Damiani, E., Leoni, M., ... Wynn, M. (2012a). Process Mining Manifesto. Em F. Daniel, K. Barkaoui, & S. Dustdar (Eds.), *Business Process Management Workshops Vol, 99*, 169–194. Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28108-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28108-2_19)
- Aalst, W., Buijs, J., & Dongen, B. (2011). Towards Improving the Representational Bias of Process Mining. Em *Data-Driven Process Discovery and Analysis Vol. 116*, 39–54. Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-34044-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34044-4_3)
- Aalst, W., Buijs, J., & Dongen, B. (2012b). Towards Improving the Representational Bias of Process Mining. Em K. Aberer, E. Damiani, & T. Dillon (Eds.), *Data-Driven Process Discovery and Analysis Vol, 116*, 39–54. Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-34044-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34044-4_3)
- Aalst, W., Weijters, T., & Maruster, L. (2004). Workflow mining: Discovering process models from event logs. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(9), 1128–1142. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2004.47>
- Adriansyah, A. (2014). *Aligning observed and modeled behavior*. Phd Thesis 1 (Research TU/e / Graduation TU/e), Mathematics and Computer Science. Technische Universiteit Eindhoven. <https://doi.org/10.6100/IR770080>
- Adriansyah, A., Dongen, B. F., & Aalst, W. M. P. (2011). Conformance Checking Using Cost-Based Fitness Analysis. *2011 IEEE 15th International Enterprise Distributed Object Computing Conference*. <https://doi.org/10.1109/EDOC.2011.12>
- Armour, M., Lawson, K., Wood, A., Smith, C. A., & Abbott, J. (2019). The cost of illness and economic burden of endometriosis and chronic pelvic pain in Australia: A national online survey. *PloS One*, 14(10), e0223316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223316>
- American Society for Reproductive Medicine classification of endometriosis: 1996. *Fertility and Sterility*, 67(5), 817–821. [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(97\)81391-X](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(97)81391-X), Birmingham, & Alabama

- Combi, C., Pozzi, G., & Veltri, P. (2017). *Process Modeling and Management for Healthcare*. CRC Press.
- De Graaff, A. A., D'Hooghe, T. M., Dunselman, G. A. J., Dirksen, C. D., Hummelshoj, L., WERF EndoCost Consortium, Simoens, S., Bokor, A., Brandes, I., Brodzsky, V., Canis, M., Colombo, G. L., DeLeire, T., Falcone, T., Graham, B., Halis, G., Horne, A. W., Kanj, O., Kjer, J. J., ... Wullschleger, M. (2013). The significant effect of endometriosis on physical, mental and social wellbeing: Results from an international cross-sectional survey. *Human Reproduction*, 28(10), 2677–2685. <https://doi.org/10.1093/humrep/det284>
- De Roock, E., & Martin, N. (2022). Process mining in healthcare – An updated perspective on the state of the art. *Journal of Biomedical Informatics*, 127, 103995. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2022.103995>
- European Pathways Association. (2021, abril 19). About care pathways. *E-P-A.org*. <https://e-p-a.org/care-pathways/>
- ProM. (2022). *Ferramentas ProM*. <https://www.promtools.org/doku.php?id=promlite13>
- Ferrante, S., Bonacina, S., Pozzi, G., Pincioli, F., & Marceglia, S. (2016). A Design Methodology for Medical Processes. *Applied Clinical Informatics*, 7(1), 191–210. <https://doi.org/10.4338/ACI-2015-08-RA-0111>
- Flores, E., Jue, J. J., Giradi, G., Schoelles, K., & Umscheid, C. A. (2018). *Use of a Clinical Pathway to Facilitate the Translation and Utilization of AHRQ EPC Report Findings: FY2018 Dissemination Pilot: Early Diagnosis, Prevention, and Treatment of Clostridium difficile*. Agency for Healthcare Research and Quality (US). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535174/>
- Giudice, L. C. (2010). Endometriosis. *New England Journal of Medicine*, 362(25), 2389–2398. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp1000274>
- Hospital da Luz (2022) [Corporate Page] Obtido 2 de março de 2022, de <https://www.hospitaldaluz.pt/lisboa/pt/>;
- Huang, Z., Bao, Y., Dong, W., Lu, X., & Duan, H. (2014). Online Treatment Compliance Checking for Clinical Pathways. *Journal of Medical Systems*, 38(10), 123. <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0123-0>
- Kalenkova, A., Burattin, A., de Leoni, M., Aalst, W., & Sperduti, A. (2019). Discovering high-level BPMN process models from event data. *Business Process Management Journal*, 25(5), 995–1019. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2018-0051>
- Kennedy, S., Bergqvist, A., Chapron, C., D'Hooghe, T., Dunselman, G., Greb, R., Hummelshoj, L., Prentice, A., & Saridogan, E. (2005). *ESHRE guideline for the diagnosis and treatment of endometriosis* *Human Reproduction Oxford Academic*. 20, 2698–2704.
- Marin-Castro, H. M., & Tello-Leal, E. (2021). An end-to-end approach and tool for BPMN process discovery. *Expert Systems with Applications*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114662>

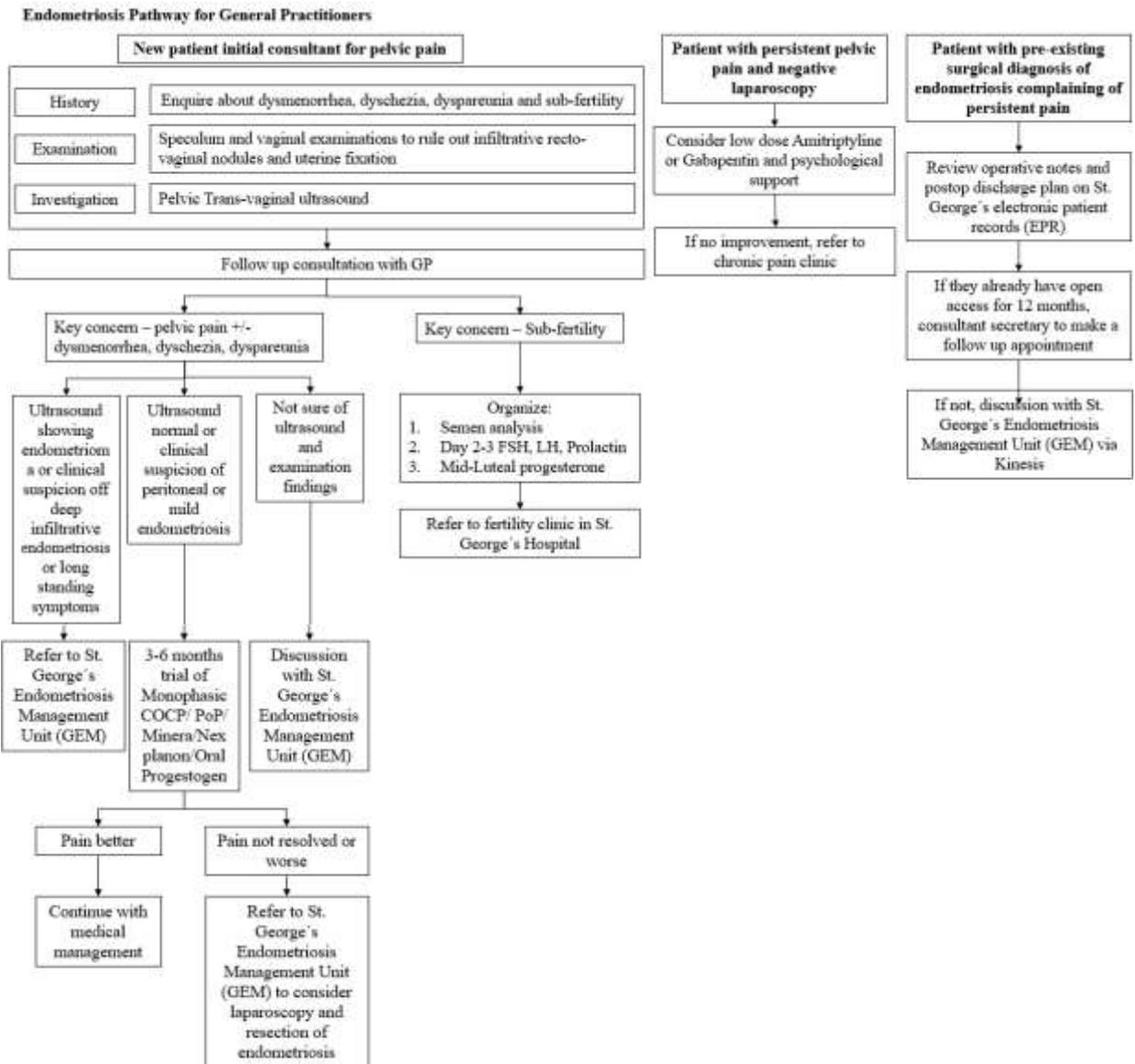
- Munoz-Gama, J., Martin, N., Fernandez-Llatas, C., Johnson, O. A., Sepúlveda, M., Helm, E., Galvez-Yanjari, V., Rojas, E., Martinez-Millana, A., Aloini, D., Amantea, I. A., Andrews, R., Arias, M., Beerepoot, I., Benevento, E., Burattin, A., Capurro, D., Carmona, J., Comuzzi, M., ... Vanwersch, R. (2022). Process mining for healthcare: Characteristics and challenges. *Journal of Biomedical Informatics*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2022.103994>
- Murata, T. (1989). Petri nets: Properties, analysis and applications. *Proceedings of the IEEE*, 77(4), 541–580. <https://doi.org/10.1109/5.24143>
- Nezhat, F., Nezhat, C., Allan, C. J., Metzger, D. A., & Sears, D. L. (1992). Clinical and histologic classification of endometriomas. Implications for a mechanism of pathogenesis. *The Journal of Reproductive Medicine*, 37(9), 771–776.
- NICE / The National Institute for Health and Care Excellence. [Corporate Page]. NICE; NICE. Obtido 28 de março de 2022, de <https://www.nice.org.uk/>
- Nnoaham, K. E., Hummelshoj, L., Webster, P., d’Hooghe, T., de Cicco Nardone, F., de Cicco Nardone, C., Jenkinson, C., Kennedy, S. H., & Zondervan, K. T. (2011). Impact of endometriosis on quality of life and work productivity: A multicenter study across ten countries. *Fertility and Sterility*, 96(2), 366-373.e8. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2011.05.090>
- Olive, D. L., & Schwartz, L. B. (1993). Endometriosis. *New England Journal of Medicine*, 328(24), 1759–1769. <https://doi.org/10.1056/NEJM199306173282407>
- Pufahl, L., Zerbato, F., Weber, B., & Weber, I. (2022). BPMN in healthcare: Challenges and best practices. *Information Systems*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.is.2022.102013>
- Rokitansky, V. R. (1860). Ueber Uterusdrüsen-Neubildung in Uterus- und Ovarial-Sarcomen / von C. Rokitansky. *Wellcome Collection*, 37, 577–581.
- Rotter, T., Jong, R. B. de, Lacko, S. E., Ronellenfitsch, U., & Kinsman, L. (2019). Clinical pathways as a quality strategy. Em *Improving healthcare quality in Europe: Characteristics, effectiveness and implementation of different strategies*. European Observatory on Health Systems and Policies. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549262/>
- Rotter, T., Kinsman, L., James, E., Machotta, A., Gothe, H., Willis, J., Snow, P., & Kugler, J. (2010). Clinical pathways: Effects on professional practice, patient outcomes, length of stay and hospital costs. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, CD006632. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006632.pub2>
- Sampson, J. A. (1927a). Peritoneal endometriosis due to the menstrual dissemination of endometrial tissue into the peritoneal cavity. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 14(4), 422–469. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(15\)30003-X](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(15)30003-X)
- Sampson, J. A. (1927b). Metastatic or Embolic Endometriosis, due to the Menstrual Dissemination of Endometrial Tissue into the Venous Circulation. *The American Journal of Pathology*, 3(2), 93-110.43.

- Scheuerlein, H., Rauchfuss, F., Dittmar, Y., Molle, R., Lehmann, T., Pienkos, N., & Settmacher, U. (2012). New methods for clinical pathways-Business Process Modeling Notation (BPMN) and Tangible Business Process Modeling (t.BPM). *Langenbeck's Archives of Surgery*, 397(5), 755–761. <https://doi.org/10.1007/s00423-012-0914-z>
- Simoens, S., Dunselman, G., Dirksen, C., Hummelshoj, L., Bokor, A., Brandes, I., Brodzsky, V., Canis, M., Colombo, G. L., DeLeire, T., Falcone, T., Graham, B., Halis, G., Horne, A., Kanj, O., Kjer, J. J., Kristensen, J., Lebovic, D., Mueller, M., ... D'Hooghe, T. (2012). The burden of endometriosis: Costs and quality of life of women with endometriosis and treated in referral centres. *Human Reproduction (Oxford, England)*, 27(5), 1292–1299. <https://doi.org/10.1093/humrep/des073>
- Surrey, E., Soliman, A. M., Trenz, H., Blauer-Peterson, C., & Sluis, A. (2020). Impact of Endometriosis Diagnostic Delays on Healthcare Resource Utilization and Costs. *Advances in Therapy*, 37(3), 1087–1099. <https://doi.org/10.1007/s12325-019-01215-x>
- Walker, S., Palmer, S., & Sculpher, M. (2007). The role of NICE technology appraisal in NHS rationing. *British Medical Bulletin*, 81–82(1), 51–64. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm007>
- WERF EndoCost. (2012). WERF EndoCost study shows loss of productivity is higher than direct healthcare costs. *World Endometriosis Society*. <https://endometriosis.ca/news/article/endocost-study-shows-loss-of-productivity-higher-than-direct-healthcare-costs/>
- White, S. A. (2004). Introduction to BPMN. *Ibm Cooperation*, <https://www.bptrends.com/bpt/wpcontent/publicationfiles/0704%20WP%20Intro%20to%20BPMN%20-%20White.pdf>
- Zelst, S. J., Mannhardt, F., Leoni, M., & Koschmider, A. (2021). Event abstraction in process mining: Literature review and taxonomy. *Granular Computing*, 6(3), 719–736. <https://doi.org/10.1007/s41066-020-00226-2>

# 7. Anexos

## ANEXO 1A

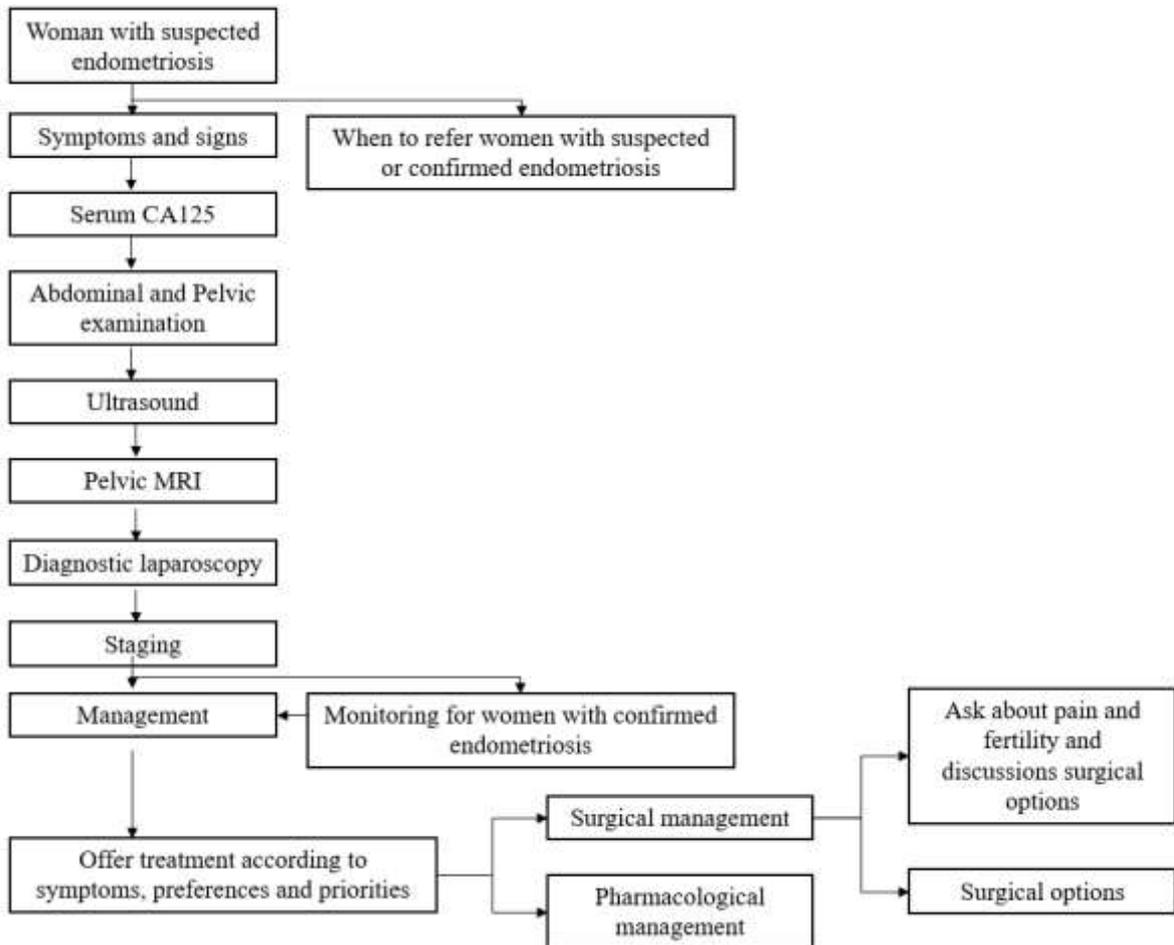
Diretrizes do *National Health Service* (NHS) - St. George's Hospital  
 Fonte: Elaborado com base em NHS (2022)



## ANEXO 1B

Diretrizes do *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE)

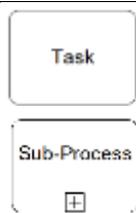
Fonte: Elaborado com base em NICE (2022)



## ANEXO 2

Notações do *Business Process Modeling Notation* (BPMN)

Fonte: Elaborado com base em White (2014)

| <i>Flow Objects</i> |  |  |
|---------------------|--|--|
| <b>Event</b>        | Um evento é representado por um círculo de centro aberto. Este retrata situações que acontecem no início, no meio, ou no fim do processo afetando diretamente o fluxo.   |   |
| <b>Activity</b>     | Uma atividade é representada por um retângulo de canto arredondado que traduz todas as tarefas a executar dentro de um processo. Existem dois tipos de atividades: tarefas e subprocessos. O subprocesso é distinguido com um pequeno sinal de “+” no centro inferior da forma retangular.   |   |
| <b>Gateway</b>      | Um <i>Gateway</i> , representado por um losango, é responsável por controlar as iterações do fluxo. Um <i>Gateway</i> exclusivo (XOR – “X”) e utilizado para criar caminhos alternativos dentro de um fluxo de processo. Por sua vez os <i>Gateways</i> paralelos (AND – “+”) são utilizados para visualizar a execução simultânea de atividades. Por fim um <i>Gateway</i> inclusivo (OR – “O”) representa o controlo de fluxo do processo ao longo de um ou mais caminhos do processo. |  |

| <i>Swimlanes</i> |   |
|------------------|---|
| <b>Pool</b>      | Uma <i>Pool</i> representa um participante do processo.    |
| <b>Lane</b>      | Uma <i>Lane</i> é uma sub-partição dentro de uma <i>Pool</i> que se estende por todo o comprimento da <i>Pool</i> na vertical ou na horizontal.  |

## Connecting Objects

### **Sequence Flow**

Uma *Sequence Flow* é representada por uma linha sólida com a ponta da seta sólida e é utilizada para mostrar a sequência das atividades a ser executadas em um processo.



### **Message Flow**

Uma *Message Flow* é representada por uma linha tracejada com a ponta da seta aberta e é utilizada para mostrar o fluxo de mensagens entre dois participantes de processos distintos que as enviam e as recebem. No BPMN duas *Pools* separadas no diagrama representam dois participantes.



### **Association**

A *Association* é representada por uma linha pontilhada com uma seta na ponta e é utilizada para associar dados, texto e outros *Artifacts* a objetos de fluxo. As *Associations* demonstram a entrada e saída de atividades.



## Artifacts

### **Data Object**

Os *Data Objects* são mecanismos que demonstram como os dados são requeridos ou produzidos pelas atividades. Estes estão ligados às atividades através de *Associations*.



### **Group**

Um *Group* é representado por um retângulo com uma linha tracejada de canto arredondado. Este pode ser utilizado para fins de documentação ou análise mas não afeta o fluxo



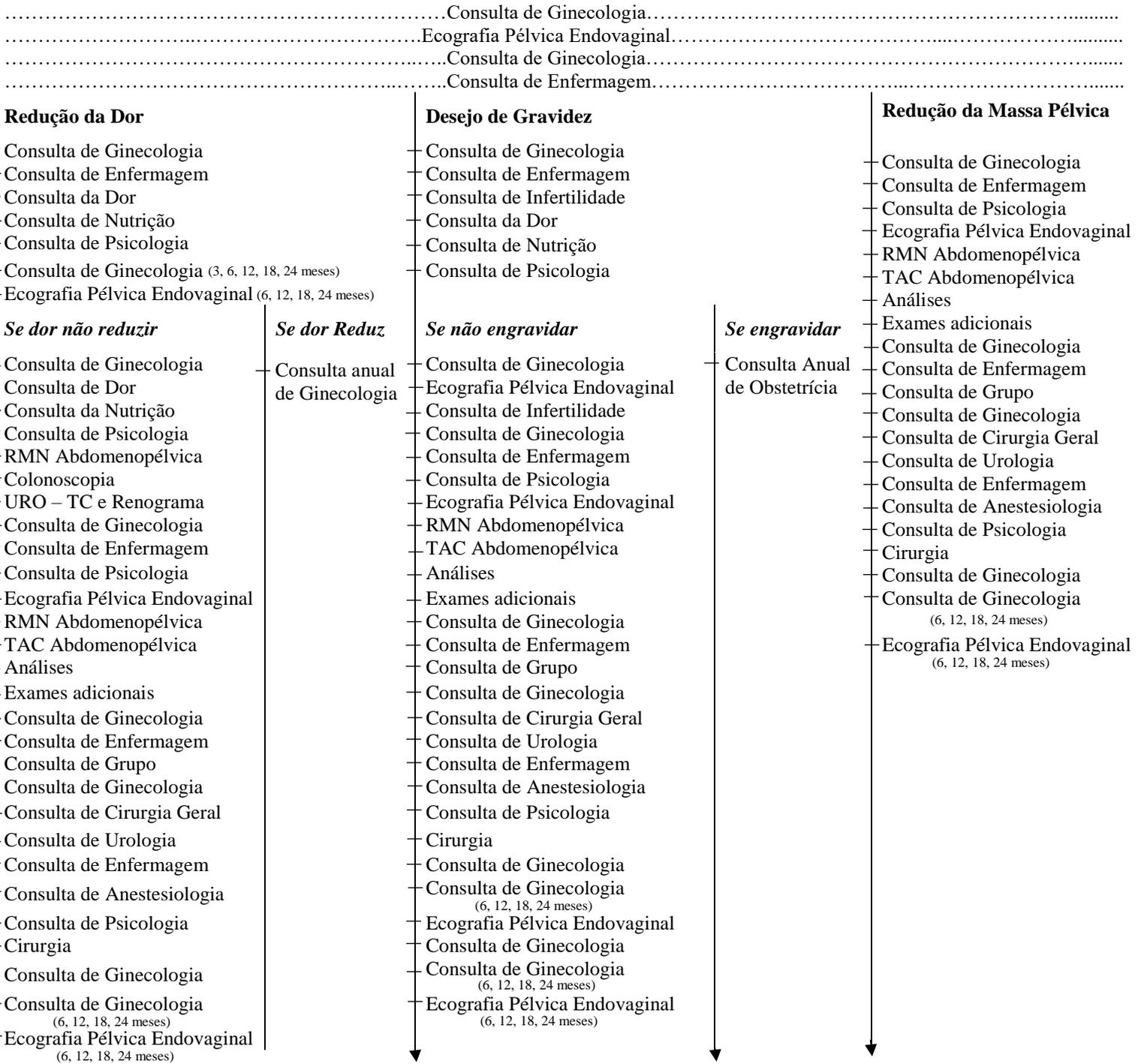
### **Annotation**

Uma *Annotation* funciona como um mecanismo que fornece informações de texto adicionais para o leitor do diagrama BPMN.



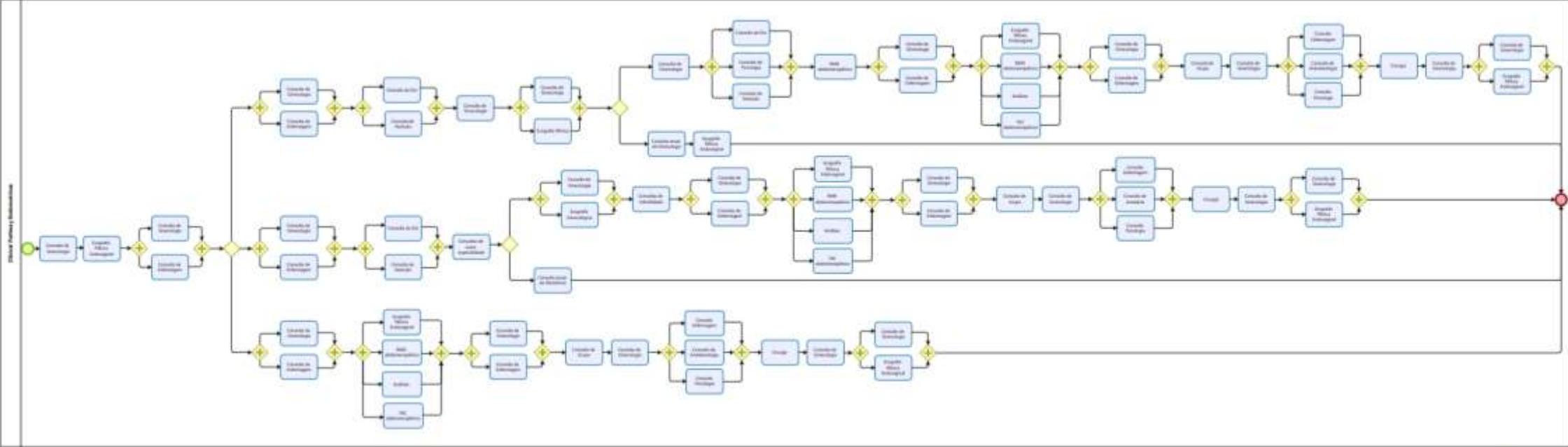
# ANEXO 3

## Clinical Pathway completo do Hospital da Luz para a Endometriose



**ANEXO 4.A**

*Clinical Pathway completo na linguagem Business Process Modeling Notation (BPMN)*



**ANEXO 4.B**

*Clinical Pathway para o trajeto da “Massa Pélvica” na linguagem Business Process Modeling Notation (BPMN)*

